

神谷・片瀬研究室 保安教育

資料

# 実験を始めるうえでの最低限の心得

## 優先順

### 1. 死なない、傷つかない

「何をしたら致命的か」を理解して装置・器具を使う

### 2. 壊さない

「何をしたら壊れるか」を理解して実験する

### 3. 他人に迷惑をかけない

時間・約束を守る

装置の性能を守る:

「何をしたらちゃんとした結果がでなくなるか」

標準的な操作手順を守る

標準以外のことをする場合は、必ず職員に相談する

“必ずしも先輩、研究員は信用しない”

# 何をしたら死ぬか

## 例

- **有毒**ガス ( $\text{H}_2\text{S}$ など) を大気にリークする
- **無毒**でも**換気の悪い部屋**でガスを大量に放出する  
液体 $\text{N}_2$ 、液体He  
超臨界 $\text{CO}_2$ 処理装置
- **爆発**させる I  
 $\text{H}_2$ 、 $\text{NH}_3$ 、亜酸化物  
 $\text{O}_2$  (特に液体、固体酸素は危険)、過酸化物
- **破裂・爆発**させる II  
加圧させすぎ: 真空装置の大気開放は特に注意
  - ・圧力開放弁の有無、動作を確認
  - ・減圧状態で圧力の開放ルートを確保
  - ・破裂時でも安全な位置を確保して作業  
フランジの前には立たない (大きいものから先に飛ぶ)
- **感電**する  
触ってはいけないところを確認する  
電源の ON/OFF を常に確認する

# 何をしたらけがをするか

## 例

- 気を抜く、遊びながら作業する  
イヤホンをして実験をしない:  
音は視覚よりも早く危険・異常を教えてくれる
- 職員・先輩の言うことを聞かない・理解しない
- 整理整頓をしない
- 切断、切削: 基板切断、焼結体整形
- 圧力器具 : 焼結試料粉の整形
- 高温 : 試料の焼成、熱処理  
対象物の温度を正確に把握  
高温ガスが流出しないように
- 打撲 : 大きな装置周辺での作業
- 落下 : 巨大装置 (高圧プレスなど)  
必要であればヘルメット・手袋等保護具を着用

# 保護具の注意点

- 軍手
  - 耐熱手袋
  - 保護めがね
  - ヘルメット
  - 安全靴：スリッパ、サンダルなどはもっての他
  - 作業着：基本、肌がむき出しにならないもの
- 適切な作業、場所で適切なものを選ぶ

ただし・・・

- ボール盤、圧延機など回転する工作機械を使う場合に軍手をすると、切削片が絡んで巻き込まれることがある
  - 保護メガネをして視界が悪くなりけがをすることもある
- リスクを想定し、  
不安がある場合は必ず職員に相談すること

# 何をしたらまともに実験できなくなるか

基本：装置の動作原理、構造を理解しない  
使用方法を護らない  
装置の状態を把握しない

例：

- 十分に試料準備室を真空引きせずにゲートバルブを開ける
- 成膜室の真空が十分上がったことを確認せずに製膜を始める
- 力まかせに操作して装置をひずませる

重要

- 装置使用日誌を必ずつける  
日時、温度、湿度、使用者名  
使用前・中・後の装置の状態 (真空度など)  
正常・異常の記録
- 実験日誌を必ずつける

# 気にして欲しいこと

- 安全に研究を進めるための改善点
- よりよい研究ができるようにするための改善点

などを積極的に職員に伝える

## ハインリッヒの法則 (1:29:300の法則)

「 1件の重大災害には  
29件の中程度の災害と  
300件の無災害事故 (ヒヤリハット) がある」

## 5S活動

整理、整頓、清掃、清潔、しつけ(習慣)

## 指差呼称、相互確認

# 気にして欲しいこと

- なるべく日中に実験をする
- 危険の伴う実験・作業は、必ず近くに他の人がいる状態で行うこと
- 深夜・休日実験を行うときは職員が把握していること

高圧、真空実験を安全に行うために

# ガスの種類（高圧ガス保安法）

表 1.1 法令による高圧ガスの分類

|                        |                                                                                                                                                                          |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 可燃性ガス <sup>1)</sup>    | アセチレン、アルシン、アンモニア、一酸化炭素、エチレン、酸化エチレン、ジシラン、ブタン、プロパン、ホスフィン、モノシランほか<br>およびその他のガスであって次の i) または ii) に該当するもの<br>i) 爆発限界（空気中）の下限が 10 % 以下のもの<br>ii) 爆発限界（空気中）の上限と下限の差が 20 % 以上のもの |
| 毒性ガス <sup>2)</sup>     | 亜硫酸ガス、アルシン、アンモニア、一酸化炭素、塩素、酸化エチレン、シアン化水素、ジシラン、ホスフィン、モノシラン、硫化水素ほか<br>およびその他のガスであって、じょ限量が百万分の二百 (200 ppm) 以下のもの                                                             |
| 特殊高圧ガス <sup>3)</sup>   | アルシン、ジシラン、ホスフィン、モノシランほか計 7 種類                                                                                                                                            |
| 不活性ガス <sup>4)</sup>    | アルゴン、窒素、二酸化炭素、可燃性のものを除くフルオロカーボンほか                                                                                                                                        |
| 液化石油ガス <sup>5)</sup>   | 炭素数 3 または 4 の炭化水素を主成分とするもの（以下略）                                                                                                                                          |
| 特定液化石油ガス <sup>6)</sup> | コンビ則の適用を受ける事業所における液化石油ガス（以下略）                                                                                                                                            |
| 特定高圧ガス <sup>7)</sup>   | 特殊高圧ガス（前記 7 種類）、圧縮水素、圧縮天然ガス、液化酸素、液化アンモニア、液化石油ガス、液化塩素                                                                                                                     |

# ガスの種類

表 1.2 法令によらない高压ガスの分類

|             |                |                                                                         |
|-------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 状態による分類     | 圧縮ガス           | 水素、酸素、窒素、空気、アルゴン、ヘリウムなど                                                 |
|             | 液化ガス           | 液化石油ガス（LPガス）、液化塩素、液化アンモニア、液化フルオロカーボン、液化酸素、液化窒素、液化アルゴン、液化二酸化炭素（液化炭酸ガス）など |
|             | 溶解ガス           | アセチレン（「高压法」上は圧縮ガス）                                                      |
| 燃焼性による分類    | <u>可燃性</u> ガス  | 水素、メタン、アセチレン、プロパン、ブタン、一酸化炭素、アンモニア、アルシン、モノシランなど                          |
|             | <u>支燃性</u> ガス  | 空気、酸素、塩素など                                                              |
|             | <u>不燃性</u> ガス* | 窒素、二酸化炭素、アルゴン、ヘリウムなど                                                    |
| 生理学的性質による分類 | 毒性ガス           | 塩素、一酸化炭素、二酸化硫黄（亜硫酸ガス）、アンモニア、酸化エチレン、硫化水素、アルシン、モノシランなど                    |
|             | 単純窒息性ガス        | 窒素、二酸化炭素、アルゴン、メタンなど                                                     |
| その他の分類      | 特殊材料ガス         | 特殊高压ガス（7種）など                                                            |
|             | 自然発火性ガス        | モノシラン、ジシラン、ホスフィンなど                                                      |
|             | 分解爆発性ガス        | アセチレン、酸化エチレン、オゾン、モノゲルマンなど                                               |
|             | 可燃・毒性ガス        | 特殊高压ガス、一酸化炭素、アンモニア、酸化エチレン、硫化水素など                                        |

# ガスの種類（高圧ガス保安法）

## 希ガス

ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン

## 特殊高圧ガス

アルシン、ジシラン、ジボラン、セレン化水素、  
ホスフィン、モノゲルマン、モノシラン

## 第一種

特殊高圧ガス7品目、アンモニア、塩素、酸素、水素、  
メタン、アセチレン、クロルメチル、シアン化水素、  
フッ化ガス7品目

## 第二種

希ガス6品目、  
空気、窒素、二酸化炭素、フルオロカーボン（可燃性の物除く）

# ガスの危険性

表 3.4 代表的な可燃性ガスの発火温度 (大気圧、空気中)

| 可燃性ガス | 発火温度 [°C] |
|-------|-----------|
| メタン   | 537       |
| エタン   | 472       |
| プロパン  | 432       |
| ブタン   | 365       |
| エチレン  | 450       |
| アセチレン | 305       |
| 水素    | 500       |
| 一酸化炭素 | 609       |
| アンモニア | 651       |

表 3.5 代表的な可燃性ガスの最小発火エネルギーの最低値 (常温、大気圧、空気中)

| 可燃性ガス  | 最小発火エネルギーの最低値 [ $10^{-5}$ J] |
|--------|------------------------------|
| メタン    | 28                           |
| エタン    | 25                           |
| プロパン   | 25                           |
| ブタン    | 25                           |
| エチレン   | 8.2                          |
| アセチレン  | 1.9                          |
| 酸化エチレン | 6.5                          |
| 水素     | 1.6                          |
| アンモニア  | 1400                         |

表 3.6 代表的な可燃性ガスの空気中の爆発限界 (常温、大気圧)

| 可燃性ガス  | 爆発限界 [vol%] |                   |
|--------|-------------|-------------------|
|        | 下限界         | 上限界               |
| メタン    | 5.0         | 15.0              |
| エタン    | 3.0         | 12.5              |
| プロパン   | 2.1         | 9.5               |
| ブタン    | 1.8         | 8.4               |
| エチレン   | 2.7         | 36.0              |
| アセチレン  | 2.5         | 100 <sup>*1</sup> |
| メタノール  | 6.0         | 36                |
| エタノール  | 3.3         | 19                |
| 酸化エチレン | 3.0         | 100 <sup>*1</sup> |
| アンモニア  | 15          | 28                |
| 水素     | 4.0         | 75                |
| 一酸化炭素  | 12.5        | 74                |
| 硫化水素   | 4.0         | 44.0              |
| シラン    | 1.37        | — <sup>*2</sup>   |

# 薬品の安全性・危険性の確認

- ・毒物
- ・劇物

施錠できる専用の薬品庫で管理  
「毒物」「劇物」ラベルを掲示

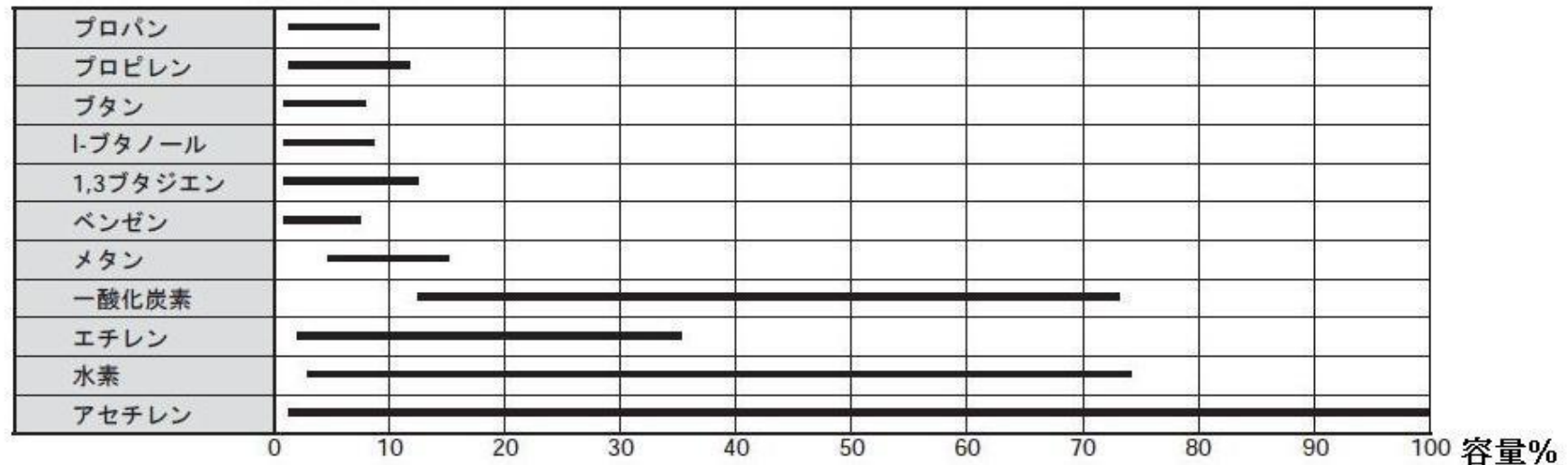
化学物質等安全データシート (MSDS: Material Safety Data Sheet)  
2012年4月に**SDS**に統一

<http://www.j-shiyaku.or.jp/home/msds/>  
「**安全データシート**」を確認する  
致死量、危険な反応など

# 可燃性ガスの爆発限界

爆発限界は 圧力、雰囲気ガス、不純物ガスで大きく変動する

- ・安全マージンを十分にとること



<http://www.fintech.co.jp/etc-data/bakugen-data.htm>

# 高压ガス容器・低温容器

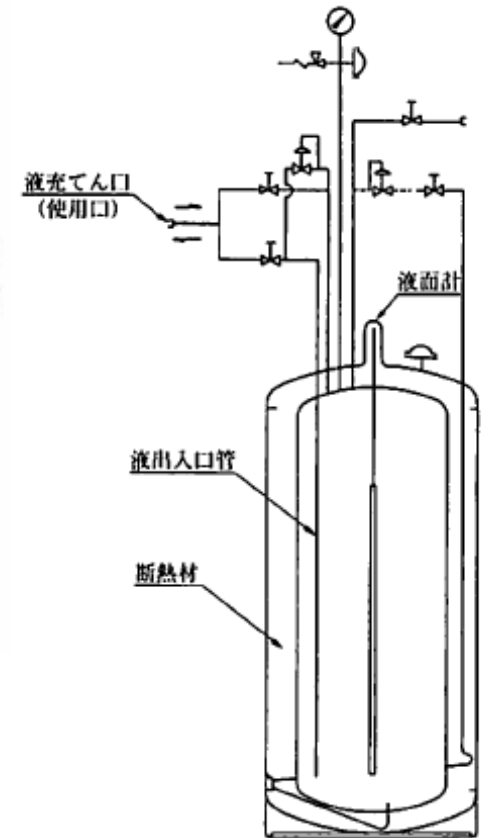
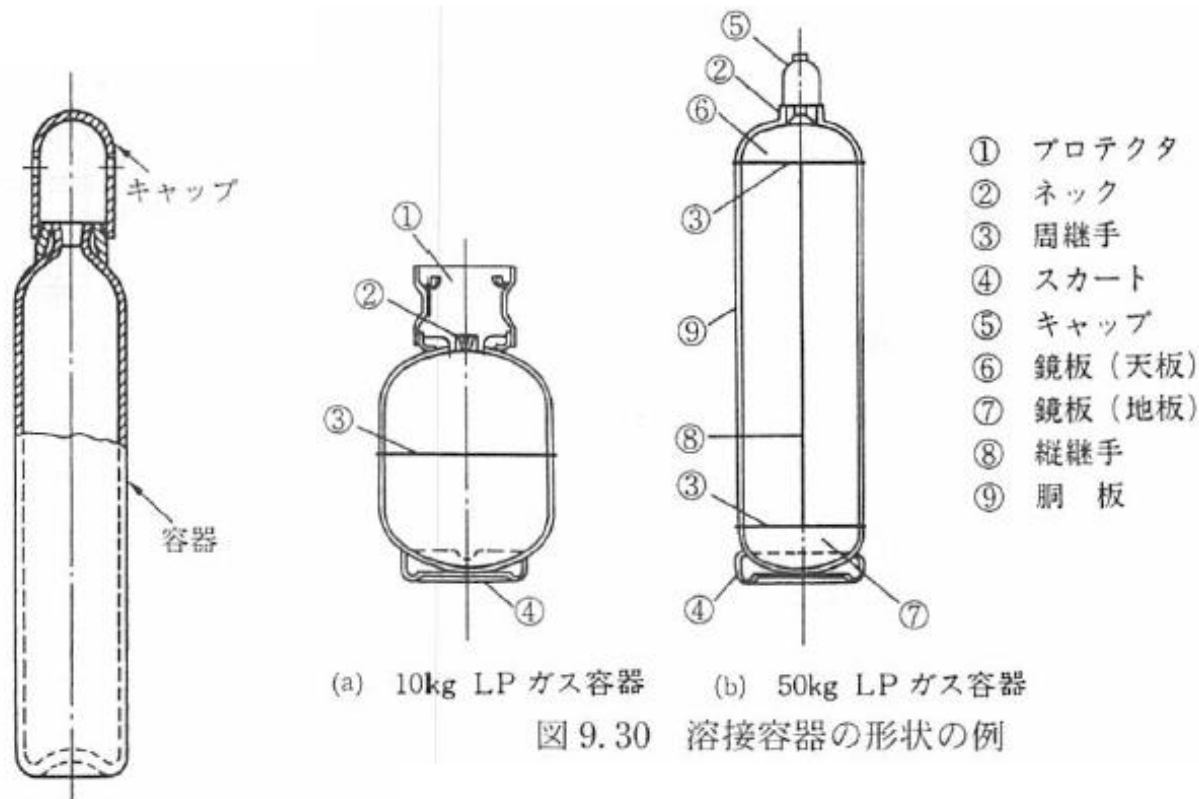


図 9.31 超低温容器の形状の例

**注意点は後述**

**低温容器を使うときは  
必ず革手袋を着用**

# 圧力容器の刻印

図48

## 容器の刻印の主なもの(概要・順不同)

- \* 検査実施者の名称の符号
- \* 容器製造業者の名称又はその符号
- \* 高压ガスの種類:PG、SG、FC、「CNG、CHG、LNG (さらに詳細刻印あり=略)」、その他の容器はガスの名称、略称又は分子式
- \* 内容積:V(単位 リットル)
- \* 容器検査合格年月(内容積4000L以上の容器、ローリー用容器、CNGV用容器、LNGV用容器、CHGV用容器は、合格年月日)
- \* 耐圧試験圧力:TP(単位 MPa)及びM (超低温容器、CNGV用容器、LNGV用容器、CHGV用容器、CHG運送自動車用容器以外)
- \* 最高充てん圧力:FP(単位 MPa)及びM (圧縮ガス用容器、超低温容器、LNGV用容器)
- \* 容器の質量:W(単位 kg)(アセチレンガスは多孔質物、附属品含む「TW」も)
- \* 容器の記号、番号:アルファベットと数字
- \* 容器の胴部の肉厚:t (内容積500L超の容器)(単位 mm)
- \* 複合容器の許容傷深さ:DC(単位 mm)
- \* 高強度鋼、アルミニウム:HT、AL
- \* CNGV用、LNGV用、CHGV用、CHG運送自動車用容器:充てん可能期限年月日

# 圧力容器の表示

図49(続き)

## 容器の表示(2)

- \* 容器の外表面積の1/2以上について所定の塗色
- \* 高圧ガスの名称
- \* 高圧ガスの性質を示す文字: 可燃性ガスは「燃」、毒性ガスは「毒」
- \* 所有者又は管理業務受託者の氏名等(KHKの登録記号・番号でも可)
- \* 高圧ガスを容器により輸入した場合であって、輸入検査に合格したときは、その容器に表示をしなければならない。(法第46条第2項)

O<sub>2</sub> : 黒地に白色でガス名

H<sub>2</sub> : 赤地に白色でガス名と「燃」

液化CO<sub>2</sub>: 緑地に白色でガス名

液化NH<sub>3</sub>: 白地に赤色でガス名と「燃」、黒色「毒」

その他 可燃性ガス: 灰色地に赤色でガス名と「燃」

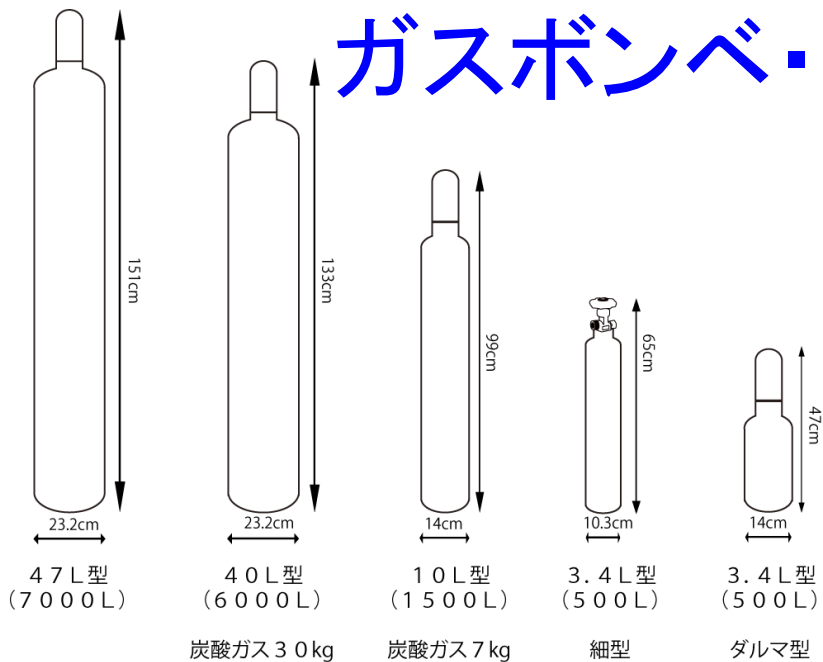
その他 毒性ガス : 灰色地に白色でガス名、黒色で「毒」

その他 : 灰色地に白色でガス名

# 非常に簡単なルール

- ・可燃性ガスは燃える
- ・爆発限界を超えて着火すると爆発する
- ・可燃性ガスに支燃性ガス（酸素）を混ぜると爆発的に燃える  
酸素自体は燃えないが、燃焼を爆発的に加速
- ・酸化剤（酸素、過酸化物）と還元剤（水素化物、亜酸化物）を混ぜると爆発的に反応する  
爆薬の作り方そのもの

# ガスボンベ・低温容器の注意



一般的な充填圧力:

14.7 MPa (約150気圧)



レギュレータで減圧 (2次圧) して使う  
・装置ごとの標準圧に合わせる

- ・ 非使用時は常にヘッドバルブの**キャップ**をしておく
- ・ 使用時は必ず**圧力レギュレータ**を使う
- ・ ボンベ搬送時には必ず**ヘッドバルブレンチ**、**圧力レギュレータ**をはずし、**キャップ**をはめる

レギュレータをつけたボンベを倒してしまう

⇒ヘッドバルブが壊れる ⇒ 飛ぶ

- ・ **搬送用具**を使う  
他に人がいないときは搬送作業をしない
- ・ 使わないボンベは、ボンベ立てに固定／寝かせて固定
- ・ ガスを使いきらない: 少し加圧状態で業者に返すこと
- ・ **低温容器**を使うときは必ず**革手袋**を着用

# シール材

- ・**ガスケット**: 静止接合面の漏れ止めに使用
- ・**パッキン** : しゅうどう部分の漏れ止めに使用

## よく使うシール材

### ・ゴム製Oリング

高温にならない部分 (100°C程度まで、材質によって異なる)  
超ではない高真空 ( $10^{-4}$  Pa程度)  
再利用可能

### ・Cuガスケット

超高真空  
原則として再利用できない  
(実際には締め付け圧を上げながら何度か使う  
=> 締め付けすぎないこと)

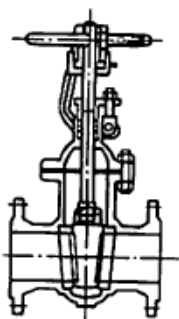
### ・テフロンシール

レギュレータ接合部など

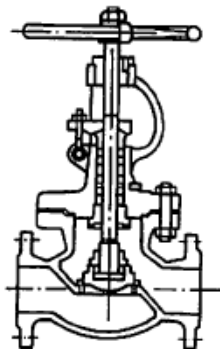
### ・テフロンテープ

テフロンシールなどの代替にできるが、基本的に緊急時のみ

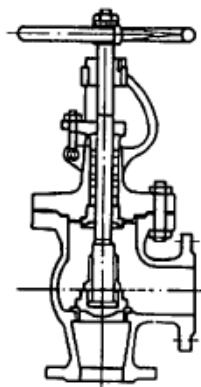
# バルブ



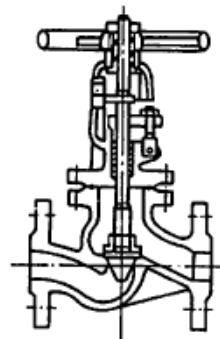
ウェッジタイプ  
(a) 仕切弁



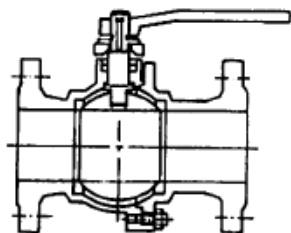
ストレートタイプ  
(b) 玉形弁



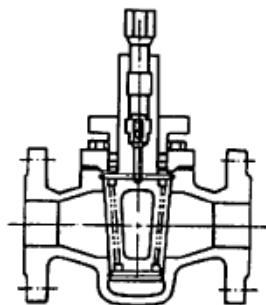
アングルタイプ



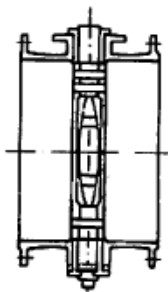
ニードルタイプ



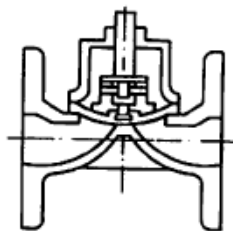
(c) ボール弁



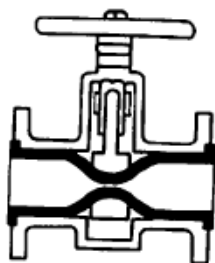
(d) プラグ弁



フランジ形  
(e) バタフライ弁



ダイヤフラム弁  
(f) その他のバルブ

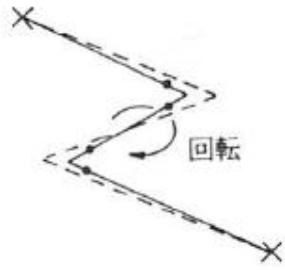


ピンチ弁

ほとんどのバルブは  
指だけで締めるだけで十分

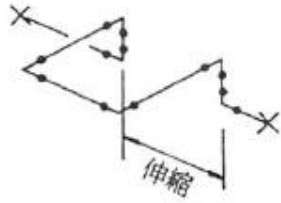
微量リークバルブなどは  
過剰な力で締めると  
すぐに使えなくなる

# 配管



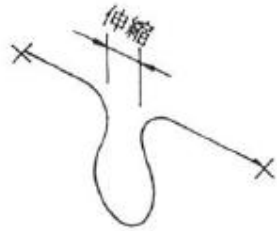
コーナー

あまり高温でない配管に適用する経済的で効果の上がる方法。



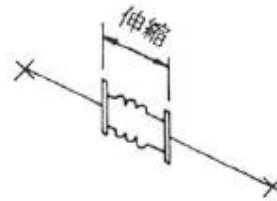
伸縮ループ  
(エクspansionループ)

長い直管に用いる。配管群が配置されるラック上やスリーパー上の高温高圧いずれでもよく、ベローズ形伸縮管継手の使用に比べ安全性が高い。



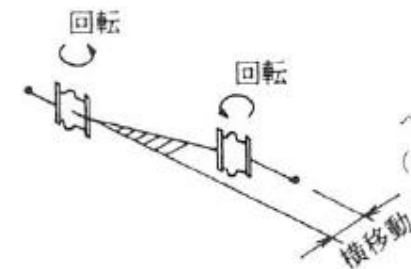
バンド形伸縮管継手  
(たこバンド)

単独の配管で横にループをつくりにくい場合に用いる。同じ形状を多く使用する場合、製作効果が上がる。



ベローズ形伸縮管継手  
(エクspansionベローズ)

膨張量の多い場合の吸収方法である。ループのように空間が不要なので狭い場所に設置できる。しかし、流体の種類と高圧に対し十分な検討を必要とする。また、内圧推力が発生するため、強固なサポートを必要とする。



ベローズ形伸縮管継手  
(エクspansion  
ベローズ(ヒンジ式/ジンバル式))

膨張量の多い場合、内圧力がサポートに推力として働かないので、施工しやすい。

## チューブベンダー



図 9.37 熱膨張吸収対策

# 継ぎ手

## スウェージロック (Swagelok)

### 溶接が不要

内部の金属製の「フェルール」を変形させてシールする。

締め付け圧を上げながら何度か再利用する。

⇒ 締め付けすぎない:

指で回しきったところから1／4回転しめ、圧力漏れを確認する



## VCR

必ず溶接: 特殊高圧ガスなどではVCR配管が必須  
再利用できる



# フランジ

## ICF固定フランジ

複数のボルトで固定

Cuガスケット

呼び方: ICF70など (数字は外径 mm)

注意: 片締めをしない

対角線にあるボルトを同じように締める

完全に締め切らない

Cuガスケットの変形限界を超えるとシールが効かなくなる

フランジ同士が接触するとシールが効かなくなる

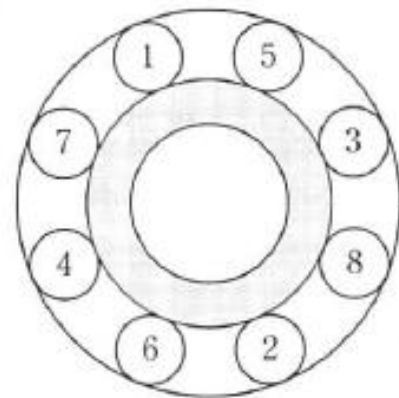
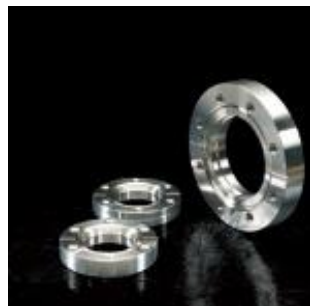


図 9.87 ボルト締め付け順序

## NWフランジ

蝶ねじあるいはクランプで簡単に固定

Oリング

呼び方: NW25など (数字は配管径に相当)

注意: 荷重限界が低い

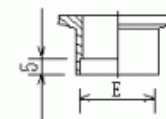
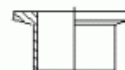
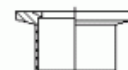
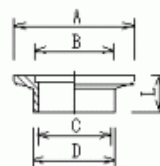


TYPE:a

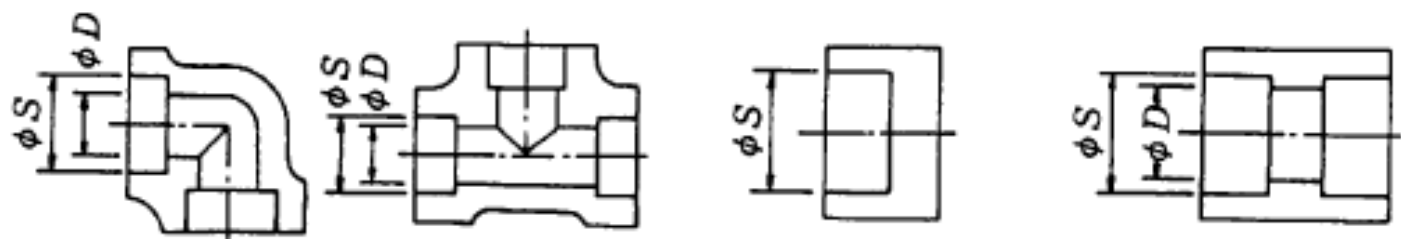
TYPE:b

TYPE:c

TYPE:d



# フランジ継ぎ手



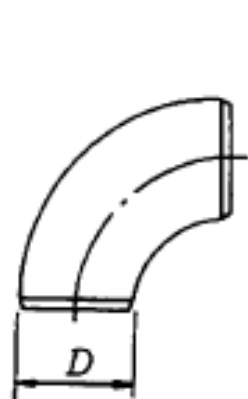
90° エルボ

ティー

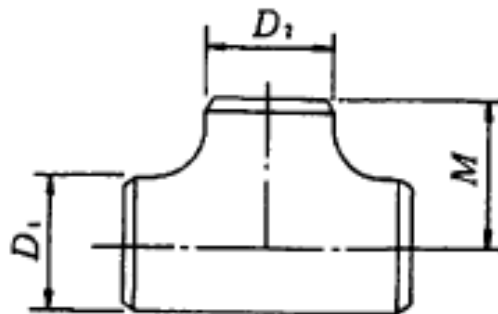
キャップ

カップリング

(a) 差込み溶接式



90° エルボ



ティー



レジューサ



キャップ

(b) 突合せ溶接式

# 配管の確認

## 加圧試験

1. 特定の圧力を印加し、圧力を記録後、放置
2. 設定時間経過後の圧力を確認  
例：翌日 確認し、レギュレータ二次圧の圧力に変化がないことを確認する

## 減圧試験

1. 十分に真空引きを行い、到達圧力を記録後、放置
2. 設定時間経過後の圧力を記録  
リーク速度が仕様内であることを確認する  
減圧試験の記録を残しておかないと仕様値がわからない

## リークテスト

- ・リークチェック剤(スヌープなど)を塗布し、泡立たないかを視認する
- ・Heガス (ハンディガスボンベ) などを吹きつけ、真空計に変動がないかを確認する
- ・Heガスリークディテクタを使う

# その他よくある事故

## 1. 試料を落とす

試料を回収するか、落下場所を特定するまで余計なことはしない

**\* ゲートバルブに試料片があるままゲートバルブを閉じる**

**=> 50～200万円、1ヶ月ほど装置が停止**

**\* 粉末X線回折装置に粉末試料を落とす。**

**吹いて試料を洗浄したつもりになる**

**=> スリットに試料粉がつまって、測定精度が落ちる。**

**スリットの交換以外に対処法はない**

**必ず掃除機で吸引除去すること**

## 2. UV-Vis分光器の積分球を洗ってしまった

# 事前に対処法を考えておくこと

- ・毒性ガスが漏洩したらどうするか
  - ・安全に停止できる場合、元栓を閉じる
  - 注意：安全に停止できるようになっていることが必須
- ・停電になったらどうするか
- ・断水になったらどうするか
- ・断ガスになったらどうするか
  - ・装置使用時にこれらが発生したら何が起こるか、  
事前にシミュレートし、安全に停止するようにする
  - バルブや電源回路は「ノーマリオフ」か「ノーマリオン」か
- ・職員、頼れそうな研究員・先輩がいるかどうか
- ・非常事態が起こったときに、近くにいる人、建物内にいる人など  
どのように、避難警告、誘導をするか
- ・対応後に必ず報告すること

電気を安全に使うために

# 電源盤の構成



単相：R,Nのうち、Nが接地

三相：R,S,Tのうち、Sが接地

緑色端子：第三種接地  
(100Ω)

## ケーブルの色

| R,T | N,S | 接地(緑色端子) |
|-----|-----|----------|
| 赤,黄 | 白   | 緑、黒      |
| 赤   | 黒   | 緑        |
| 白   | 黒   | 緑        |

# 電源の種類と電力容量

- 直流：直流安定化電源、電池など
- 交流：単相、三相、100~**240V**
- テーブルタップ、配線などは**電力容量を厳守する**
- **配線の電力容量が分からない場合**  
目安：銅導線で 1 mmφ ごとに 10 A が常用限界  
それ以上の電流を流すと溶断、発火
- 水に暴露する可能性がある場所には  
テーブルタップなどを置かない (床置きしない)
- 使っていないテーブルタップのコンセントは  
専用の安全カバーで閉じておく

# 規格

## ケーブル

単芯、複芯

単線、複線、(撚り／ツイストペア)

接地用(平網線)

高周波用(同軸ケーブルなど)

大事な数値:

ニクロム線に流せる電流は断面面積  $1\text{ mm}\phi$  で約10A

一般的なケーブルの定格電流もこの程度

(一般家庭用テーブルタップの規格は10~15A、  
OA用で15A程度)

空気中で放電が始まるのは、 $1\text{ mm}$  の空隙に1 kV を印加したとき

絶縁溶媒中(オイルなど)ではもっと高くなる

減圧雰囲気中では、一般的にもっと低くなる

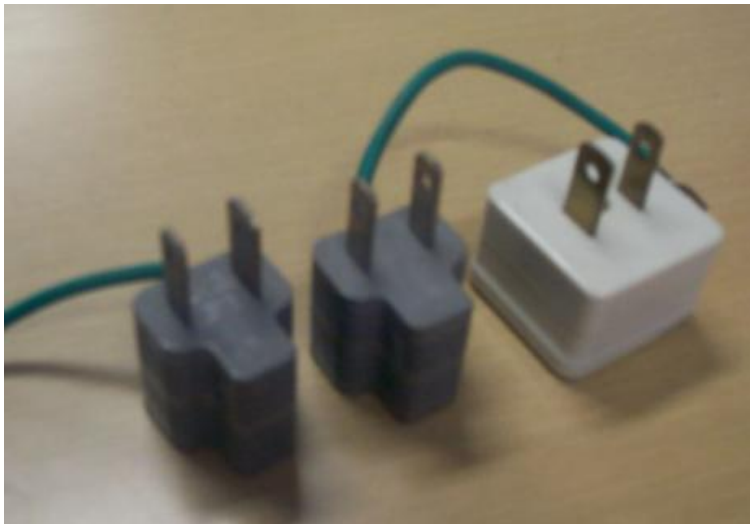
(パッツェン – グローカーブ、

放電開始電圧は $Pd$ =一定の条件で決まる)。

# 電源の接地



接地側端子の幅が広がっているテーブルタップ



接地端子を持つ変換プラグ。真中のものは、接地側プラグを区別していない

# 危ない常識

## 必ず職員に相談してから作業をすること

- 交流には極性が無い(コンセントに挿す向きは関係ない)  
交流電源には必ず接地(アース)側と高圧側が存在する。  
コンセントの幅の広いほうがアース  
ただし、壁コンセントの極性はひっくり返っている可能性が高い  
ので、自分で調べること
- 接地(アース)を取ったほうが安全  
接続する装置によっては、接地側電極がアースや  
機器フレームに直結しているなので、非常に危険。
- 2つの電源端子を接続すればいい  
3相電源の場合、消費電流の  
バランスを気をつける



# 接地(アース)とコモングラウンド

- **コモングラウンド (信号用、遮蔽用)**

ある電気回路内で共通の電位基準となる電位。

同じ回路内でも、デジタルコモンとアナログコモンなど、**複数のコモングラウンド**を持つことがある。

コモングラウンドの静電容量を大きくすることで、**ノイズを遮蔽**する。

- **フレーム(筐体)アース (保安用、遮蔽用)**

装置内部のショート、放電などがあっても、装置の外側が帯電したりしないように、装置の**筐体を接地準位**にそろえる。

洗濯機などでアースを取る場合は、こちらのアースをさしている。

- 装置内回路の**コモングラウンド**と**フレームアース**は同じである**必要はない**。

両者を混同すると非常に危険

- 非絶縁型オシロスコープなどは、両者が同じ物が多い。  
十分に注意すること。

# オシロスコープ



# 同軸端子とアース、グラウンド

## ・二軸同軸端子(BNC端子)

ケーブルは、3C2V, 3D5Vなど、ケーブル径(PE絶縁外径)とインピーダンス(C:75Ω, D:50Ω)によって種類がある。BNC端子もそれに応じてそろえる。

一般的に、BNC端子の外側は、同軸ケーブルの外側の網線と装置のフレームにつながる。そのため、コモングラウンドと筐体と同じ電位になる。電源のアース端子をつなぎ、さらにプラグの極性がひっくり返っていると、漏電する。

BNC端子、オシロスコープなどには絶縁型のものがあるため、なるべくそれらを使うほうがいい(ただし、ノイズ対策のためには、フレーム接地も必要)。

## ・三軸同軸端子

2スロット型、3スロット型

中に電位を合わせて高圧側からのリークを測定系から分離するガード電極がある

# 対処法

- ・大電力装置、精密装置の電源、接地を分離する
  - ・回路を理解せずにむやみやたらに接地をとらない
  - ・ただし、可能な限り、接地をする
  - ・回路全体が複雑でやむをえない場合、絶縁アンプ、絶縁トランス\*などを入れ、電源電圧と測定系の電圧を分離する。ただし、この場合は確実に筐体を接地すること。
- \*単巻トランス、スライダックは非絶縁。複コイル型のトランスでも、入力と出力の低電位側の電位をそろえているものが多い。

# サイリスタのトラブル

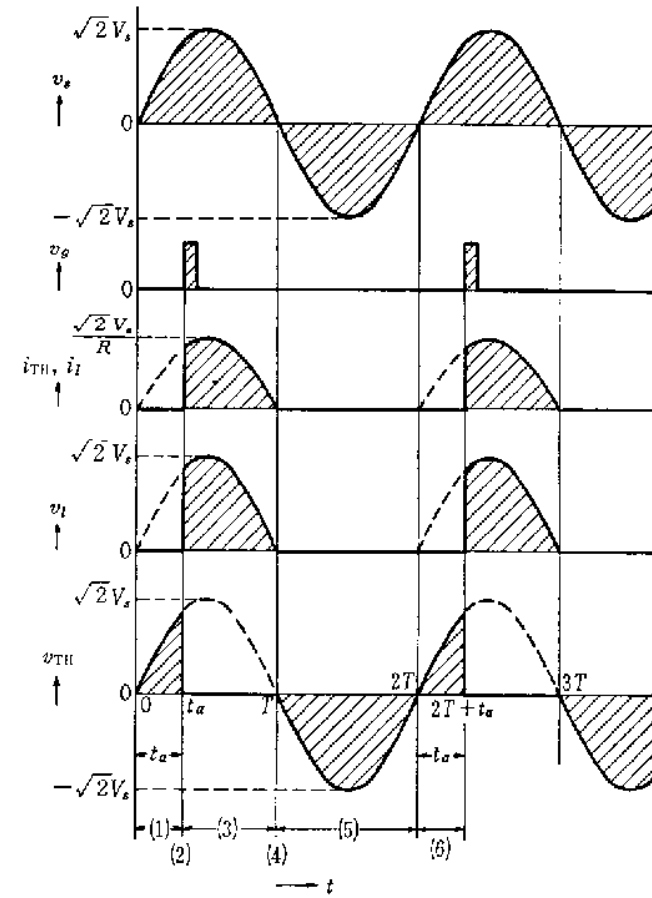
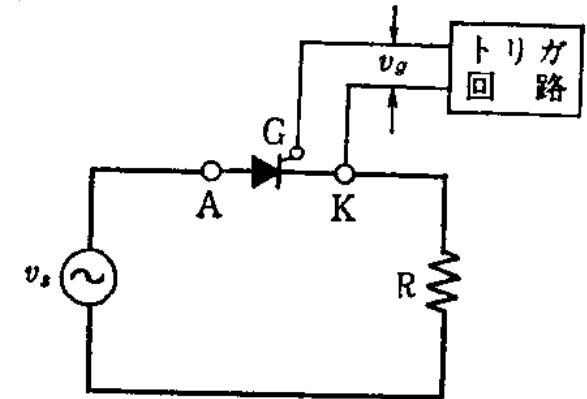
サイリスタは正弦波電源を途中でカットして電力調整する ⇒ 波形が歪んでいる

・サイリスタを介して表示される電流・電圧の絶対値に意味はない

波形が歪んでいるため、測定器の特性に応じた時間平均値が表示される。

ピーク電圧・電流は表示されているよりもはるかに高い

#なぜ、海外用変圧器に  
「ドライヤー、熱機器用」と  
「精密機器用」があるのか



# 電源ケーブルの接続

電源ケーブルを接続する際には、

- ・はんだ付け
- ・圧着端子を両側につけ、ボルトとスプリングワッシャーで緩まないように固定する
- ・端子盤を使う

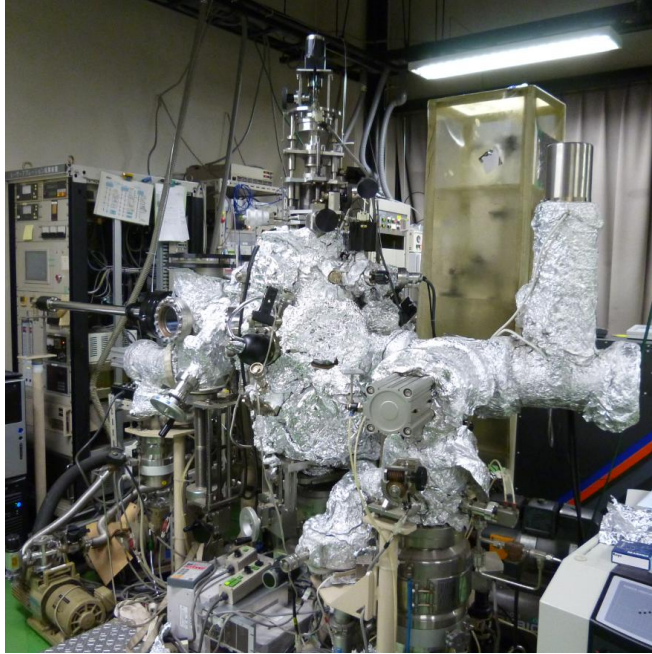
## 端末の絶縁処理

- ・絶縁テープ、熱収縮チューブで完全に導体部分を遮断する。
- ・絶縁テープを超えて放電しない絶縁層厚にすること

# 真空装置を使う実験

# 真空モノとは？

例えば・・・



PLD (ULVAC)



スパッタ (UHV)



E-B 蒸着

共通点って・・・？

⇒真空装置を必要とする(成膜, SEM, XRF, XPS など)

- ・真空にするためには、どのようなものが使われているのか？
- ・装置をどのように使えばよいのか？

# 真空モノに使われる装置

## 真空ポンプ

- **TMP**  
ターボ分子ポンプ
- **RP**  
ロータリーポンプ
- スクロールポンプ
- ダイアフラムポンプ
- イオンポンプ

などなど他にも沢山…

## 真空計

- ピラニゲージ
- バラトロンゲージ
- イオンゲージ
- コールドカソードゲージ

などなど…

どういう時に、どの装置を使えばいいのか？  
それぞれどのような特徴があるのか？

# 真空モノの構造

## RP

粗引き用の真空ポンプ

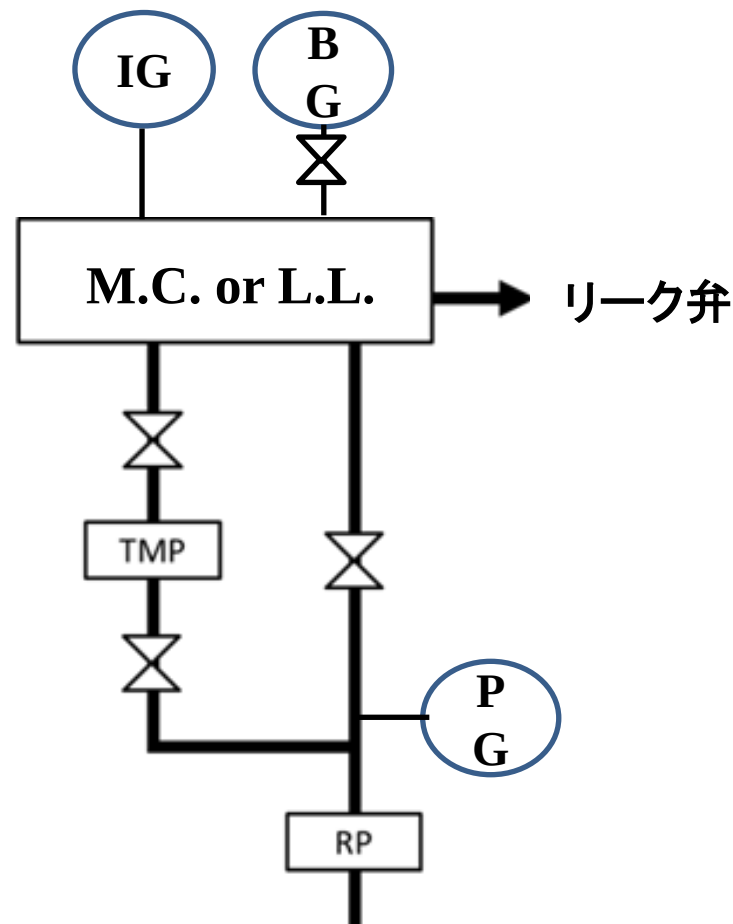
大気圧 ~ 1 Pa 程度まで引きましょう

## TMP

圧力が高いと動かない

高真空まで引ける真空ポンプ

~  $1 \times 10^{-6}$  Pa 程度くらいは引けます。



# 真空モノの構造

## PG:ピラニゲージ

大気圧からRPの到達真空度まで測定できる

## BG:バロトロンゲージ

スパッタ、CVDの製膜圧力で測定できる

薄膜の静電容量を測定するため、大気圧などに  
さらすと正確に測定できなくなる

=> 大気解放時はバルブを閉める

## IG:イオンゲージ

高真空状態の測定が可能

フィラメントを高温にして、残留ガス分子を  
イオン化して電流を測定する

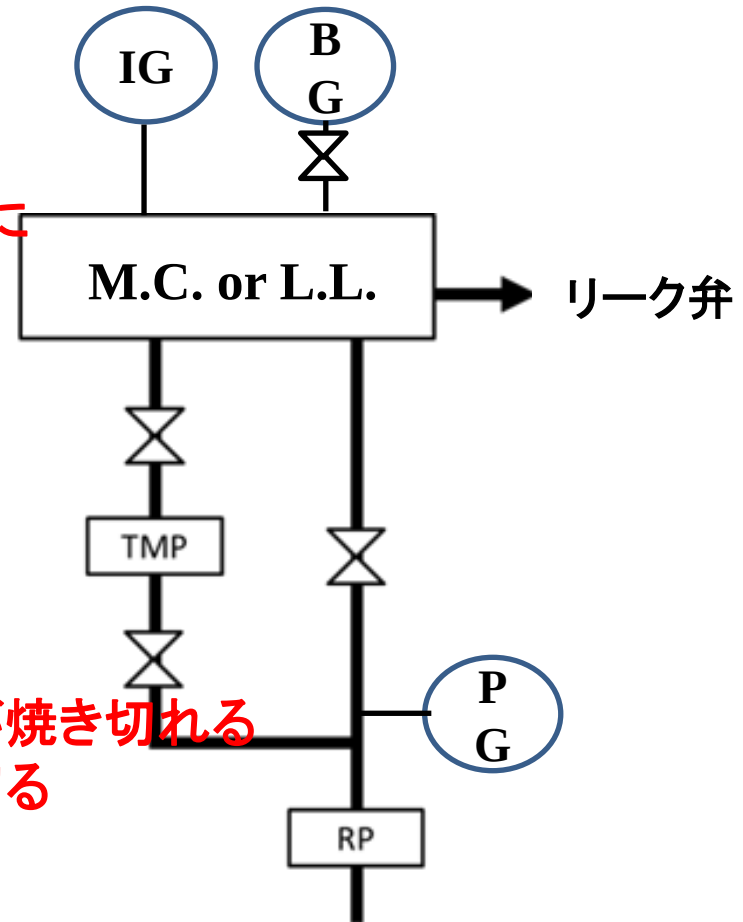
真空度が悪いときに測定するとフィラメントが焼き切れる

=> 真空度を下げるときはフィラメントを切る

酸素含有雰囲気では寿命が極端に短くなる

## CG:コールドカソードゲージ

上記の真空計のいいところ取りをしたような特性



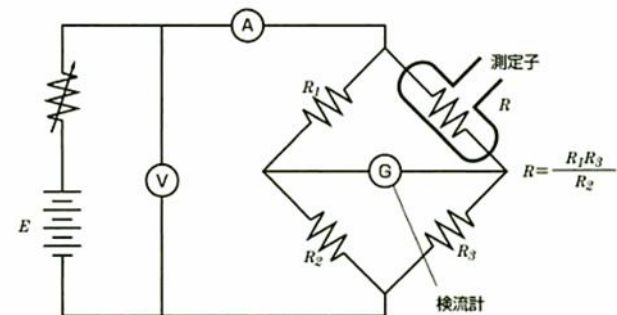
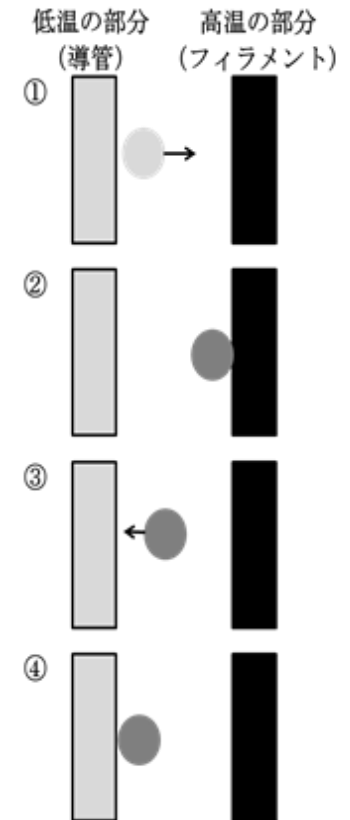
# ピラニゲージ

導管から気体分子が飛び出す。

フィラメントに衝突した分子はフィラメントから熱エネルギーをもらう。

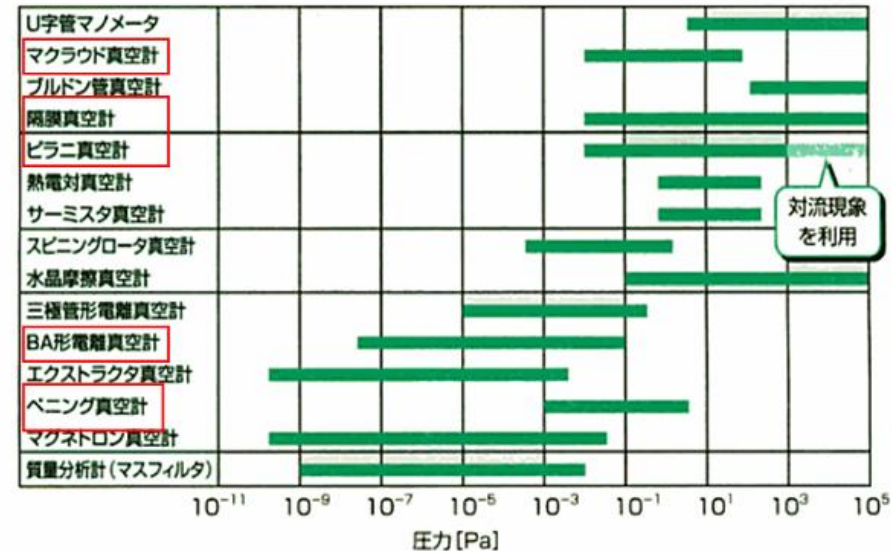
フィラメントから飛び出した気体分子は、衝突する前より大きな熱エネルギーを持っている。

気体分子は導管に衝突して熱エネルギーを放出し、導管を暖める。



# 真空計一覽

| 測定原理             | 真空計         | 測定範囲 (Pa)              | 特徴                                                  |
|------------------|-------------|------------------------|-----------------------------------------------------|
| 液柱差による圧力測定       | 水銀マンメータ     | $10^2 \sim 10^3$       | 絶対圧の測定ができる。ガスの種類に無関係である。                            |
|                  | 油マンメータ      | $1 \sim 10^3$          | 油の脱ガスが必要である。油の密度が判っていれば校正がいらない。                     |
|                  | マクラウド真空計    | $1 \sim 10^2$          | 校正の標準に使われる。圧縮操作が必要なため、操作に熟練がいる。                     |
| 圧力差による弾性変形を利用    | ブルドン管真空計    | $10^3 \sim 10^5$       | ガスの種類に無関係である。校正が必要である。                              |
|                  | 隔膜真空計       | $10^{-2} \sim 10^5$    | 高精度の測定ができる。小型の真空計もある。                               |
| 気体分子による熱伝導を利用    | ピラニ真空計      | $10^{-1} \sim 10^2$    | ガスの種類によって感度が変わる。零点および感度の変化がある。                      |
|                  | 熱電対真空計      | $1 \sim 10^2$          | 感度が変化しやすい。                                          |
|                  | サーミスタ真空計    |                        |                                                     |
| 熱電子による気体の電離作用を利用 | 三極管電離真空計    | $10^{-5} \sim 10^{-1}$ | ガスの種類により感度が変わる。                                     |
|                  | B-A形電離真空計   | $10^{-7} \sim 10^3$    | 測定子の電極や管壁の脱ガス操作が重要である。動作中にあやまって大気にはさらすとフィラメントが切断する。 |
| 冷陰極による電離作用を利用    | ペニング真空計     | $10^{-3} \sim 1$       | 動作中に誤って大気にはさらしても壊れない。                               |
| 気体分子の粘性を利用       | マグネトロン真空計   | $10^{-9} \sim 10^{-1}$ | 他の真空計を校正するときの基準に使われる。                               |
|                  | スピニングロータ真空計 | $10^{-4} \sim 10$      |                                                     |



# 考えてみよう

真空引きをしているときにRPを切ると何が起こる？

オイルバック

配管・真空装置内を洗浄する羽目になる

TMPが全速回転しているときに大気開放  
TMP動作中に粉末、試料片などを落とす  
羽根がばらばらに吹っ飛ぶ

大気を真空室内に導入

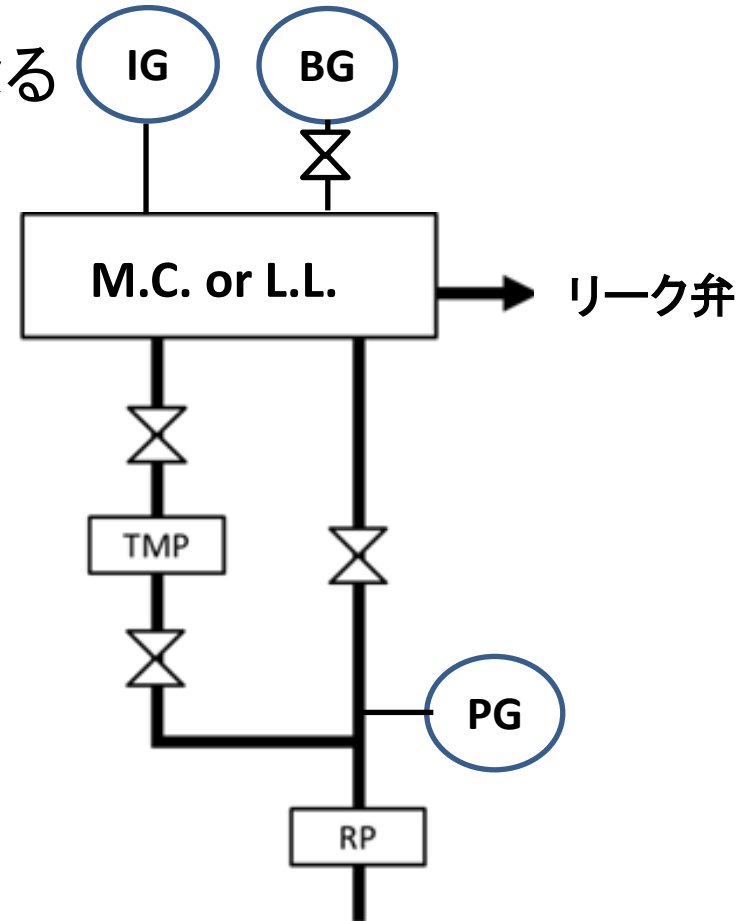
水分の吸着は簡単には脱離しない

=> 真空度が上がらなくなる

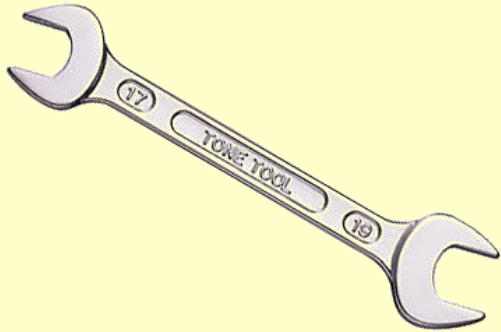
長時間の真空引き、ベーク

N<sub>2</sub>で大気開放すること

圧力を逃がす場所を作らずに高圧ガスで大気圧開放  
加圧になったときに一番弱いフランジが飛ぶ



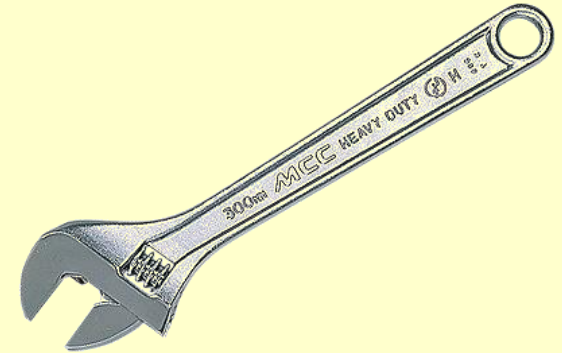
# 工具



スパナ



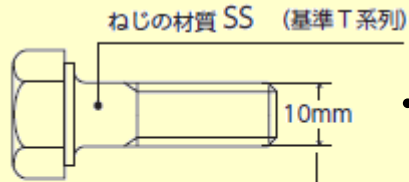
メガネレンチ



モンキーレンチ

- ・ チャンバーなどに使われるネジ(ISO M8)はソケット幅13
- ・ 鬼締めは厳禁

# 工具



- ・ 研究室のネジは標準T系列



トルクレンチ

標準締付けトルク

|     | N・m    | Kgf・cm |
|-----|--------|--------|
| M1  | 0.0195 | 0.199  |
| M2  | 0.176  | 1.79   |
| M3  | 0.63   | 6.42   |
| M4  | 1.50   | 15.3   |
| M5  | 3.00   | 29.4   |
| M6  | 5.2    | 53.0   |
| M8  | 12.5   | 127    |
| M10 | 24.5   | 250    |
| M12 | 42     | 428    |
| M14 | 68     | 693    |
| M16 | 106    | 1080   |

$$1 \text{ kgf} \cdot \text{cm} = 0.0980665 \text{ N} \cdot \text{m}$$

# 真空部品の規格

## ICF

$\Phi=34, 70, 114, 152, 203, 253, 306, 356$  mm



実はこれらの数字は各規格で決まっている

JIS規格:**VG**(溝有)/**VF**(溝無)

$\Phi=10, 20, 25, 40, 50, 65, 80, 100\ldots$  mm

## NW

$\Phi=16, 25, 40, 50$  mm



# ICF(Conflat Flange)規格

## ICF

$\Phi=34, 70, 114, 152, 203, 253, 306, 356$  mm



例 ICF70( $\Phi=70$  mm)



ガスケット

※気密保持のシール材には銅製のガスケットを使う

# ICF規格

～ お世話になるICF規格～

ビューポート



ブランクフランジ (メクラ)



NW/ICF変換アダプター (ニップル)



※フランジとは 円筒形あるいは部材からはみ出すように出っ張った部分の総称。

# NW規格

NW



A型



B1型



B2型



D型



研究室のNW規格はA型

$\Phi=16, 25, 40, 50$  mm



- ・ NW16, 25, 40 外径 $\Phi$  - 15 mm  
例 ICF40(外径 $\Phi$ 55 mm - 15 mm)
- ・ NW50 外径 $\Phi$  - 25 mm
- ・ NW50より大きい規格は会社によってサイズが違う

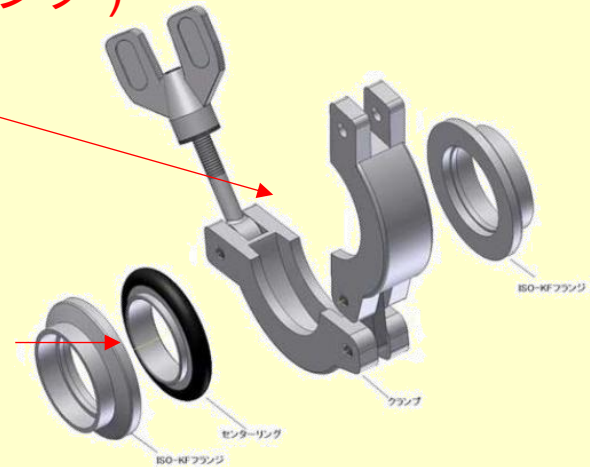
# NW規格

## カップリングの基本原則

クランプリング ( クイックカップリング )



センターリング ( Oリング )



同じサイズのフランジの間に、封止するためのOリングをつけてクランプで締め付けることで、真空を保つ

- ・ 鬼締めは厳禁 ( 特に関谷君 )

# NW規格

～ お世話になるNW規格 ～

ブランクフランジ ( メクラ )



変換リデューサ ( ストレート )



フレキシブルチューブ



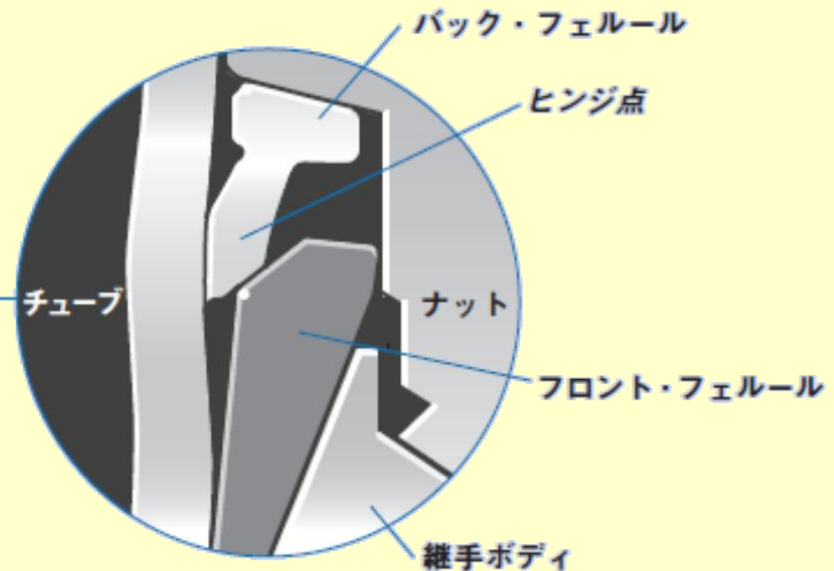
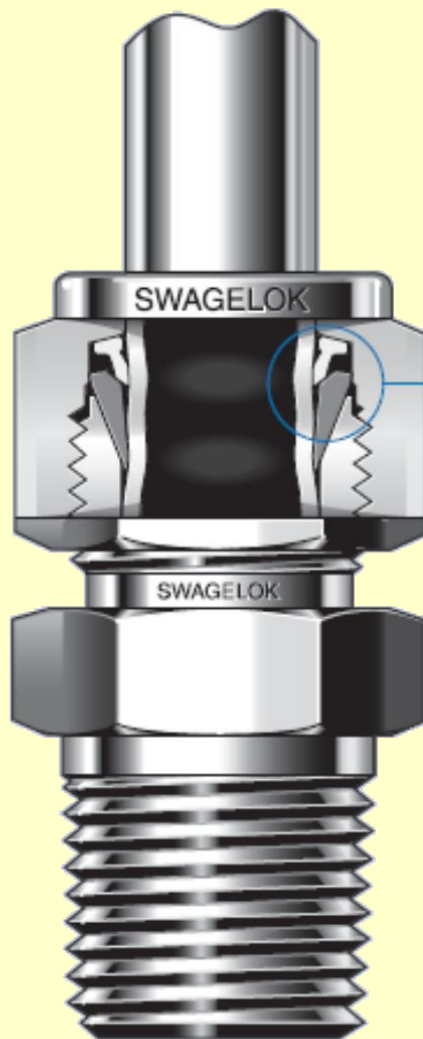
ティー



クロス



# swagelok



アドバンス・バック・フェルール構造の継手（上の図を参照）を締め付けると、フロント・フェルールは継手ボディとチューブの間に押し込まれ、第一シールを形成します（チューブとボディの間）。一方、バック・フェルールはヒンジ点となって内向きに曲がり、チューブを強力にグリップします。このバック・フェールの形状で、独自の技術を駆使した Hinging-colletting™（ヒンジ・コレット）機能が向上します。それにより、軸方向の動きがチューブに対する中心方向へのスウェーピング動作に変換されるだけでなく、少ない締め付けトルク量で取り付けることができます。

# swagelok

- ・ 1/2, 1/4, 1/8とは  
チューブの内径のことで単位は **インチ**  
(1 inch = 25.40 mm)

$$1/2 = 12.70 \text{ mm}$$

$$1/4 = 6.350 \text{ mm}$$

$$1/8 = 3.175 \text{ mm}$$



- ・ サス管と異なり、  
ナイロンチューブは軽めに締める
- ・ **鬼締めは厳禁 ( 特に関谷君 )**

# swagelok

## Swagelok®

### チューブ・カッター



(型番：MS-TC-308)



Swagelok® チューブ・カッターは、外径サイズが 3/16 ～ 1 インチ、4 ～ 25 mm のチューブを切断することができます。

#### 操作手順

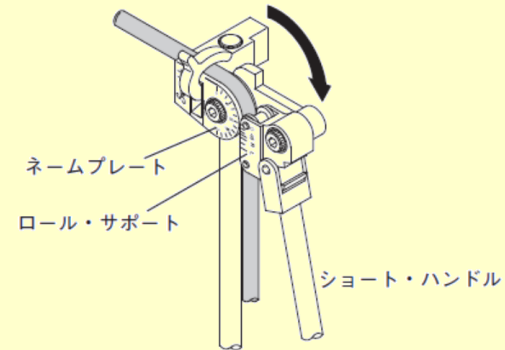
1. ローラーとカッター・ホイールの間にチューブをセットします。
2. ホイールがチューブに接触するまでハンドルをまわします。
3. さらにハンドルを 1/8 回転まわします（ハンドルのノブには 1/8 回転単位で目盛りが刻まれています。ハンドルをまわす際の目安としてご利用ください）。
4. チューブ・カッターをチューブの外周に沿って回転させます。2 回転ごとに、ハンドルを 1/8 回転まわします（軟質チューブの場合は、**1 回転ごとに**ハンドルを 1/8 回転まわします）。
5. チューブが完全に切断されるまで、この手順を繰り返し行います。

## チューブベンダー

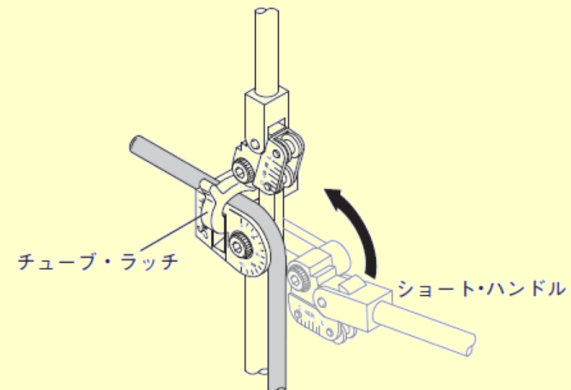


1. ロール・サポート上の目盛りの「0」がネームプレート上の目標の角度（目盛り）に達するまで、ショート・ハンドルをゆっくりと押し下げます。

注意：スプリング・バック（戻り作用）を考慮してください。詳細につきましては19ページをご参照ください。



2. 曲げ終わったら、ショート・ハンドルを持ち上げ、チューブから離します。



3. チューブ・ラッチをチューブから外し、チューブをハンド・チューブ・ベンダーの溝から取り外します。