



Title	ステンレス材料の工作(熔接)技術
Author(s)	加土, 武; 長谷川, 慶治
Description	最近研究上の必要性から高真空と低温に使用のクライオスタット(或はセル)の製作が多くなって来ている。低温の点から言うと熱伝導の低い材料として硝子であるが場合によっては機械的強度が要求される物もある。この場合素材としてMetalになるが熱伝導の点及び高真空化で安定保持の点からステンレス鋼(一般にSUSと言う)が最適である。以下にSUS加工について述べるが、機械工作に従事している人はSUSの工作技術を修得済みで参考にならないが、研究室等で今後新しくSUS加工に関し設計, 製作する人への資料に役立てたい。
Citation	北海道大学電子科学研究所技術部技術研究報告集, 1, 1-35
Issue Date	1992
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/1441
Type	departmental bulletin paper
File Information	KJ00000697017.pdf



ステンレス材料の工作（熔接）技術

加土 武，長谷川慶治（技術部）

要 旨

最近研究上の必要性から高真空と低温に使用のクライオスタット（或はセル）の製作が多くなって来ている。低温の点から言うと熱伝導の低い材料として硝子であるが場合によっては機械的強度が要求される物もある。この場合素材としてMetalになるが熱伝導の点及び高真空化で安定保持の点からステンレス鋼（一般にSUSと言う）が最適である。以下にSUS加工について述べるが、機械工作に従事している人はSUSの工作技術を修得済みで参考にならないが、研究室等で今後新しくSUS加工に関し設計、製作する人への資料に役立てたい。

1. ステンレス鋼(SUS)の材質

ステンレス鋼(SUS)と一口に言っても、配合されている化学成分即ち炭素(C)、珪素(Si)、マンガン(Mn)、燐(P)、硫黄(S)、ニッケル(Ni)、クロム(Cr)等の比率により多種となり、それにより機械的性質の耐力及び引張り強さ(kg/mm²)が異なる。その中より研究上よく使用されている材料として、SUS 304、SUS 430、SUS 316、SUS 316Lであるが、それらの基本的性質は(1)SUS 304は磁性に無影響。(通商SUS 18-8、でCr=18%、Ni=8%) (2)SUS 430は磁性の影響が大。(通称SUS 18、でCr=18%) (3)SUS 316はモリブデン(Mo)の配合により塩水及び酸性等薬品に優れた耐食性があり、(4)更にSUS 316の性能をより高めたのがSUS 316Lである。

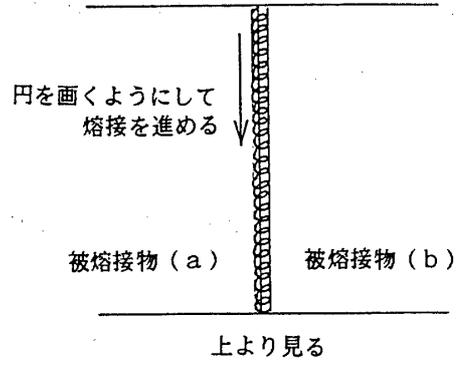
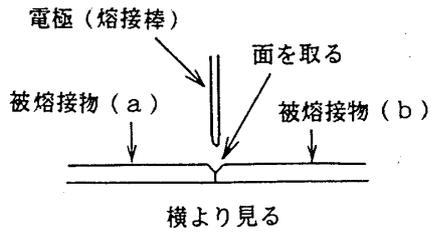
この中でもSUS 430は侵食性が高いので使用を避けるのが無難である。

更に真空用のフランジに使用する材料としては、メーカーでの引き延ばし行程に於いて生じる鬆の関係から必ず板材を使用する事が高真空を保つ要素である。

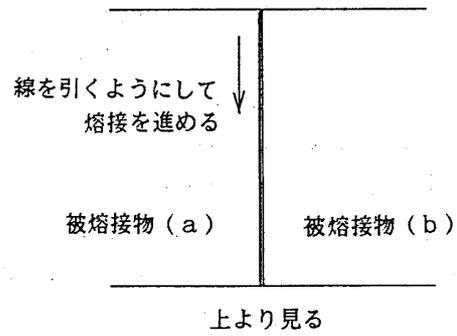
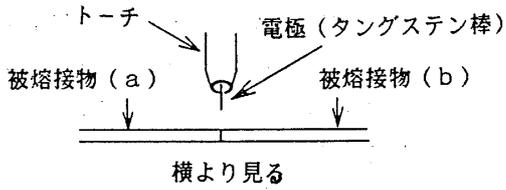
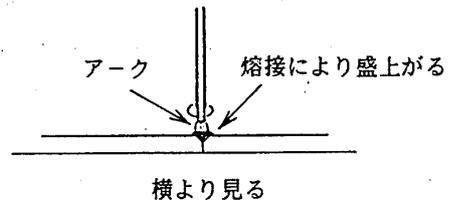
棒材は鬆が縦に入っており、輪切りにした物を使用するとそこからの漏れが考えられる。

2. 電気熔接とアルゴン溶接の違い

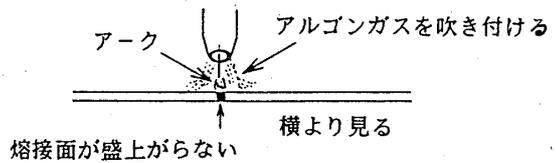
電気熔接は一般には鉄同士の接合に用いるもので、電極として熔接棒を用いて突合せ部分をアークで熔融させながら且つ熔接棒も熔かし込んで円を描くごとく熔接を進め接合するもので(第1図)、SUSも電気熔接は可能であるがPowerの微調が不可の為薄物の溶接が不可能であり、更に厚物でも熔接のやり方により強度より熔接の箇所(す)が入る事が多く補修が困難で真空に不向きである。それに対しアルゴン溶接は電極にはダングステン棒を使用し(その部分をトーチと言う)そのトーチの先端よりアルゴンガスを吹き付けながら、生じるアークで

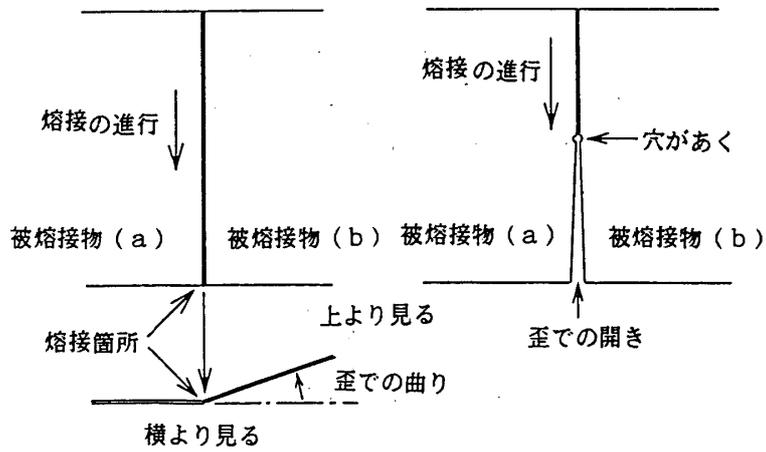


第1図 電気溶接の場合を表す。

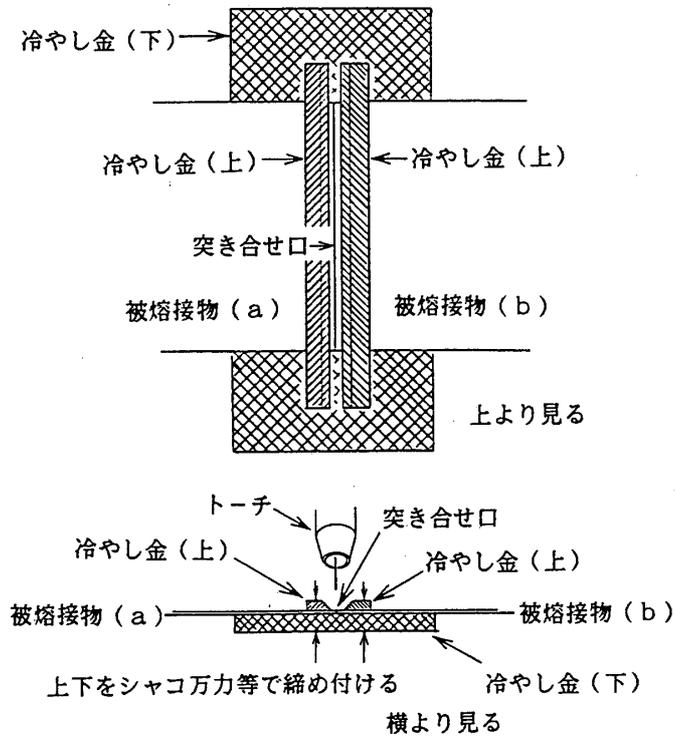


第2図 アルゴン溶接の場合を表す。

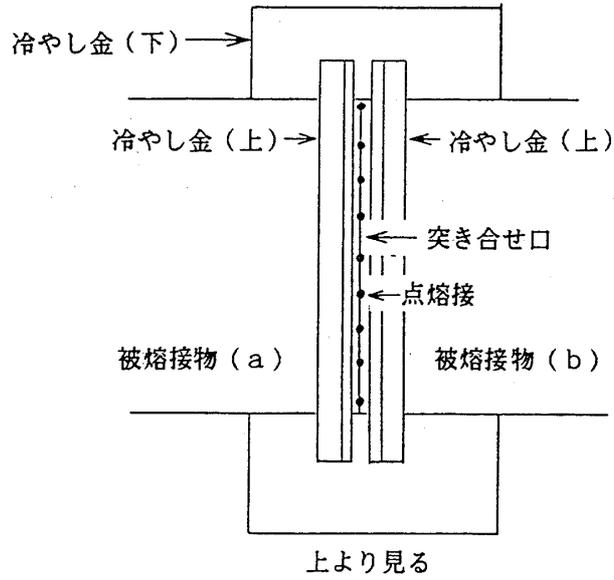




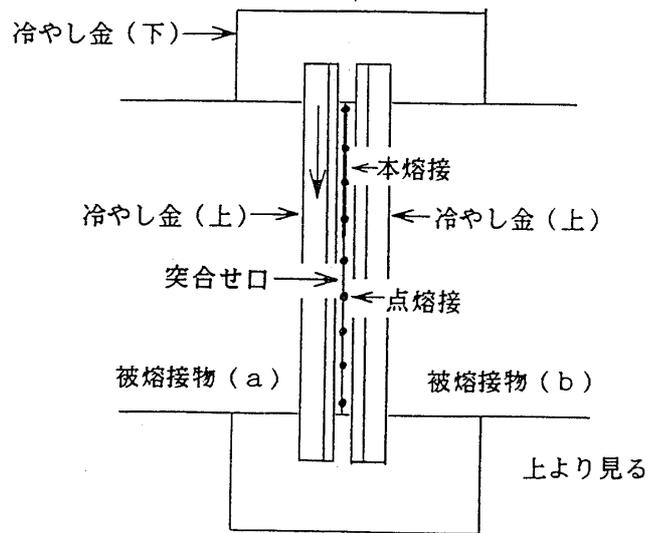
第3図 溶接による歪での変形の例.



第4図 被溶接板に冷やし金の当て方を示す.



第5図 仮付けの点溶接を示す.



第5図(b) 仮付け、点溶接後の本溶接を示す.

被熔接物の酸化を防ぎながら突合せ部分を互いに熔融させて接合するもので、製図で線を引くごとくトーチを直線に引いて進めるもので(第2図)、その仕上がりは綺麗で鬆も入らず例え入ったとしても(鬆と言うよりピンホールが生じる事)補修が容易で、真空等に最適である。ここでSUSの熔接と言っても、厚物同志の場合はPowerを上げる(と言う事は電流を強くする事である)と割合容易であるが、薄くなるほど融け易く困難さが増し配慮が必要になる。以下にSUSで考えられる工作に付いて述べる。

3. SUS 薄板同士の熔接

ここで言う薄板とは1mm厚(以下厚mmをtで示す)板以下の物である。SUS平板の場合切口を互いに突合せで熔接を進めると熱膨張により熔接箇所歪んで変形し曲がったり或は突合せ口が広がって穴があいてしまう。(第3図)それを防ぐには、熱を逃がし変形を止める。その為には突合せ部分を冷やし金(銅の帯板等)でサンドイッチに締め付けて固定する。(第4図)更に熔接による突合せ口の広がりや重なりを防ぐ為に本熔接の前に仮付けとして点付け熔接を施し全面を固定させる。(第5図)その点付け熔接は長さにもよるが多くする程安定が増す。その後本熔接に入るが、先にも述べたが電気熔接のように円を画くようなやり方ではピンホールを生じる元になるので、必ず製図の線を引くごとく直線に進め両板面を融合させるのが最も理想的である。(第5図-b)

この方式で最も必要とするのがMetal Dewar及びセル等の管である。低温として窒素やヘリウムの消費を少なくするには、その容器となる管を肉薄にする必要がある。肉薄管としてペローズの素材管が市販されているが、目的とする径の管が無い場合が多く自作となる。

4. SUS 肉薄管の熔接

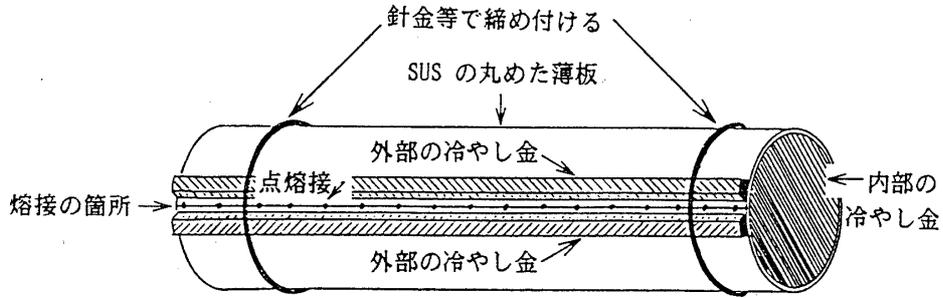
管の製作としては『板を丸める』の他熔接方法は板の方式と全く同じである。所定の板をroll巻き出来た筒の内部に冷やし金を入れる、内部の冷やし金は筒の型金にもするので内径に近い丸棒或は管を使用する。(第6図)冷やし金に使用する材料は銅(Cu)或はアルミニウム(Al)が最も望ましいが、やむを得ず真鍮を使用する場合は、真鍮材をベースにしその上(被熔接物側)にCuかAl板を巻き付け、或は部分的に当てて使用する事。(第6図-b)真鍮を直接熔接箇所に付けると熔接熱で真鍮内の垂鉛が熔接箇所に溶け込み、それが真空にすると漏洩の原因になる。熔接箇所の突合せ部分が広がらないようにし、外部の冷やし金が熔接箇所からずれないようにしっかり固定してから点付けし本熔接をする。(第6図)

5. SUS 薄板と厚板の熔接

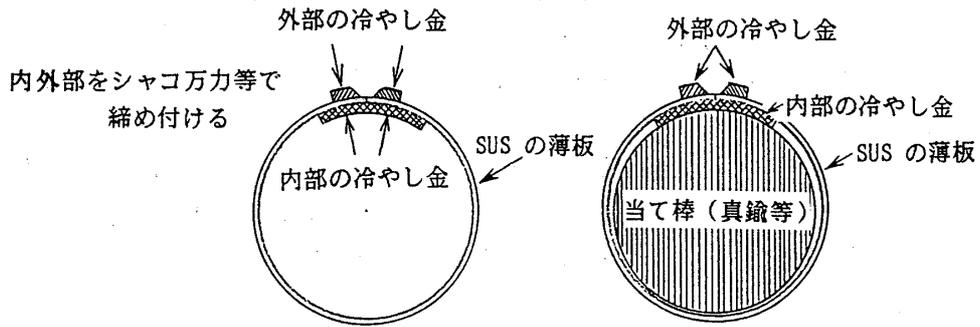
薄板と厚板には、

a. 薄板の切口と厚板(2~3t)の切口を突合せで熔接する方式、とb. 薄板の平面の端と厚板(3t以上)の切口を重ね合わせて熔接する方式、の2通りが考えられる。一般的に薄板と厚板を突合せ或は重ね合わせて熔接する場合厚板が融けるまでPowerを上げる必要があり、それより厚板が融ける前に薄板の方が融け流れて穴になる。(第7図)それを防ぐには厚板を薄板と同じ条件にする事である。つまり厚板の熔接をしようとする切口の一部を削って薄板と同じ条件にする事である。(第8図)この方式で最も多く必要とするものに、

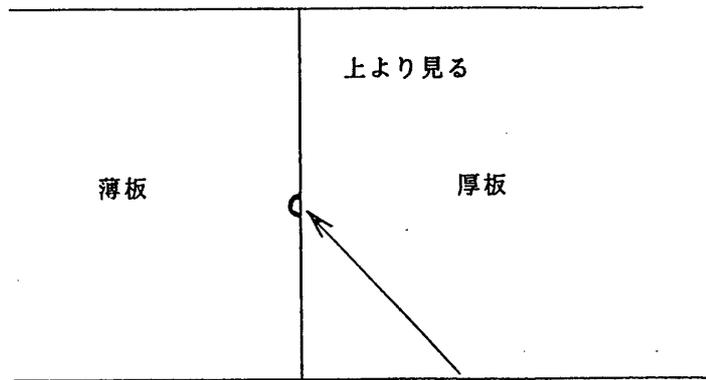
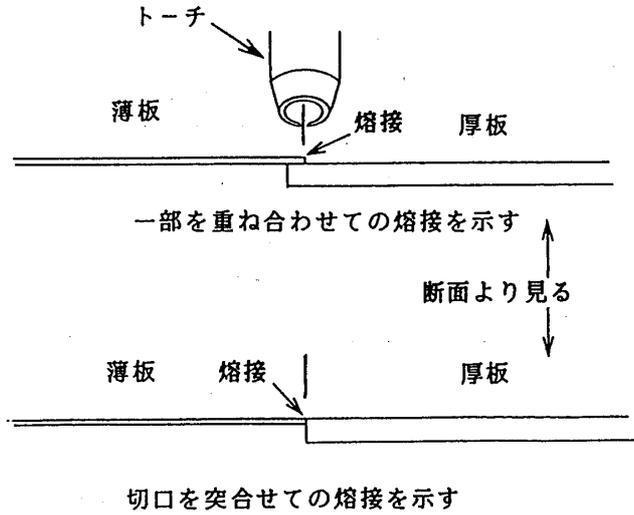
a. は肉薄管と肉厚管の突合せ熔接である。この場合肉厚管の内径の一部を削って肉薄管を



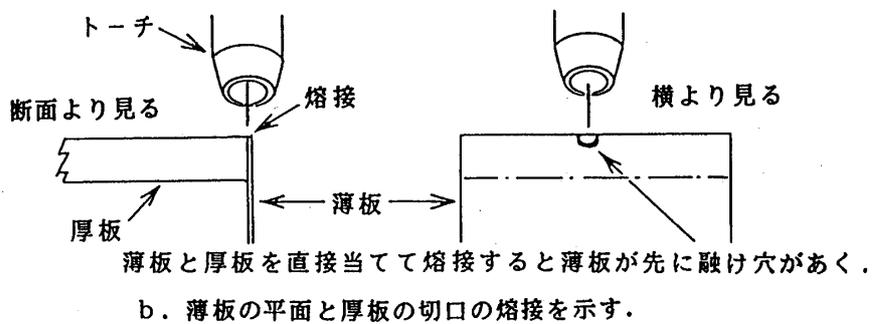
第6図 SUS肉薄管の溶接で、冷やし金の当て方を示す。



第6図(b) 必要とする丸棒(冷やし金)の無い場合の冷やし金の当て方を示す。

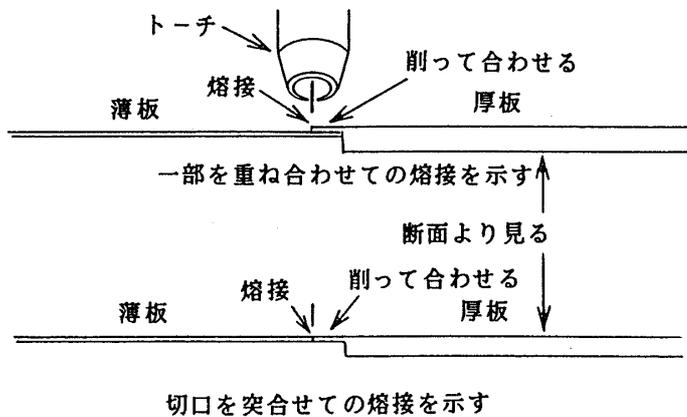


どちらの場合も薄板の方が先に融け穴があく
 a. 切口同志の熔接を示す。

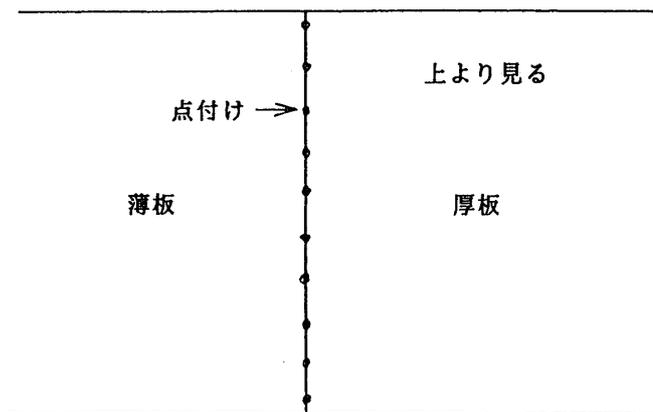


薄板と厚板を直接当てて熔接すると薄板が先に融け穴があく。
 b. 薄板の平面と厚板の切口の熔接を示す。

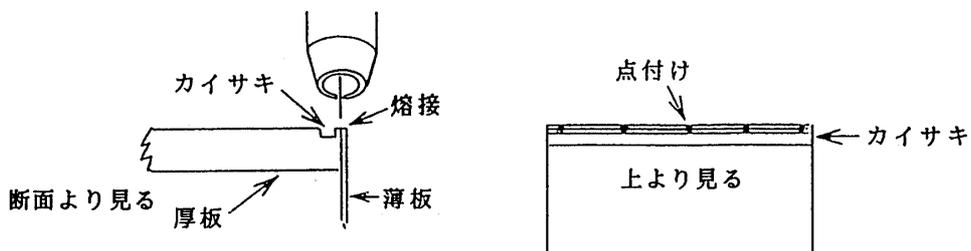
第7図 SUS薄板と厚板を直接当てての熔接を示す
 何れも無理をするとその穴が大きくなるだけである。



どちらも厚板側の熔接面の一部を切削して薄板と同じ条件にしてから熔接する。



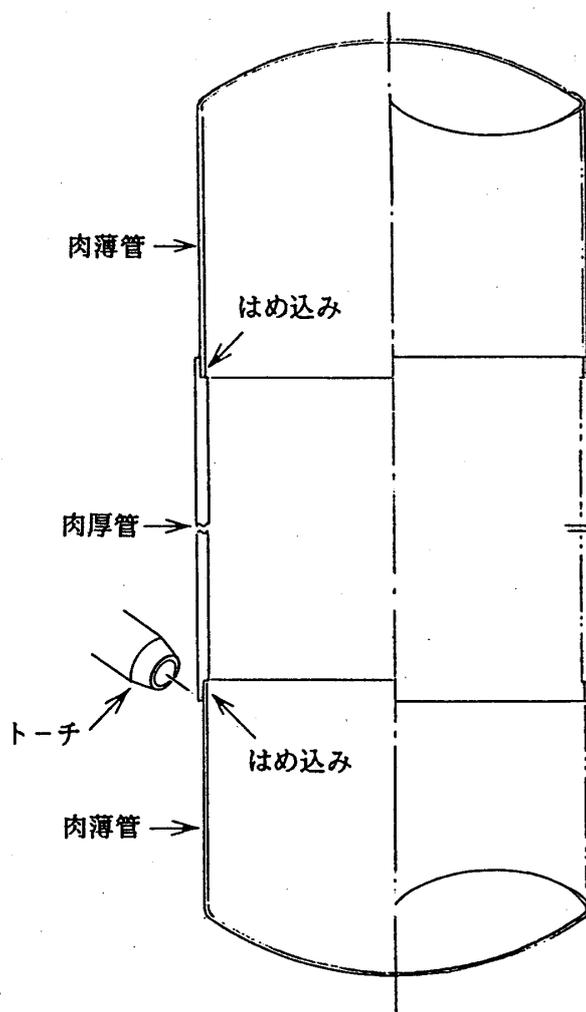
a. 切口同志の熔接を示す。



厚板に溝（カイスアキ）をつけて熔接すると容易に出来る。

b. 薄板の平面と厚板の切口の熔接を示す。

第8図 SUS厚板の一部を切削或はカイスアキをつけての熔接を示す。



第9図 SUS肉薄管と肉厚管の結合を示す.

入れるようにし、外径を肉薄管の厚さに合わせる。即ち肉薄管と肉厚管が一部重ね突合せとなる。(第9図)

b. は Metal Dewar 或はセル等肉薄管にフランジを熔接する事である。即ち厚手となるフランジの方で薄手と同じ条件を作る為に溝を作る。(これをカイサキを付けると言う)

6. SUS 肉薄管と肉厚管の熔接

レーザー光等、光計測で使用のセルの様に、管の側面に十字型に窓をつける場合窓の位置が90°で正確に光源が交わるのが絶対条件である。その為には窓の取り付け熔接を考慮し管の肉厚2~3t仕上げとするように、肉厚管(ここでは市販で一般にガス管と言われている)から旋盤で切削し真円とする事である。この場合短尺物は容易に出来るが、長尺になると切削上で、細管ではバイトの点で又太管では“ビレ”で波打つ事から単体では困難(長さによっては不可能)である。そこで考えられるのが窓を取り付ける部分を肉厚管で、その上下は肉薄管(これは自作でも良い)ではめ込み結合する事である。肉薄管が自作管の場合非真円なのではめ込みは出来る限りきつめにし隙間を最小限にする事である。(第9図)

肉厚管のはめ込み(重ね合わせ)部分の切削の幅は、熔接により肉薄管の切端を融さない為に5~8mmとする。更に肉薄管が1~0.8tの場合は困難は無いが、0.5t以下の場合融けが早く穴があきやすい。それを防止する為に、肉薄管の内側に冷やし金を当てる。この冷やし金の材料としてはCu或はAlで3~5tの帯板を肉薄管の内径に合わせ、丸め一部に隙間を設ける。これは熔接の後で冷やし金を容易に取り出せるためである。冷やし金を肉薄管に密着させる為に隙間に楔を入れ締め付ける。(第9図-b)

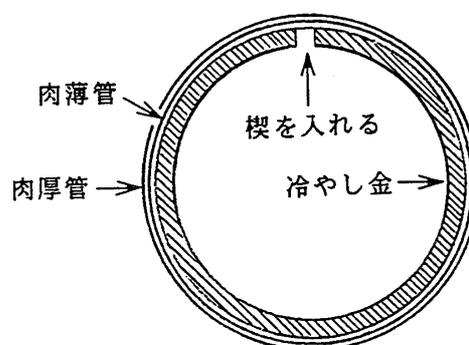
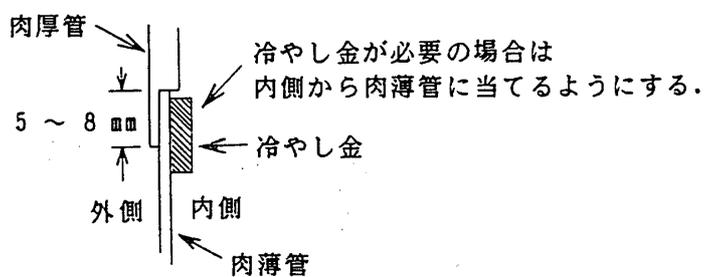
熔接方法としては、肉厚管に肉薄管をはめ込んで、突合せの部分に隙間を生じさせないように注意しながら必ず点付による仮熔接をしてしっかり固定させること、その後に本熔接を進めるが、仮熔接や本熔接どちらの場合も肉薄管の外側にかぶっている肉厚管の端を先に融かし肉薄管の方へ流して融け込ますようにして進める。(第9図-c) 以上のように突合せ部分に隙間を出さないようにして熔接をすると、管として縦軸の芯の精度がかなり高い(今迄に光計測に用いて全く支障が無かった)見かけ上、長尺の肉薄管とする事になる。

7. SUS 肉薄管とフランジ(厚板)の熔接

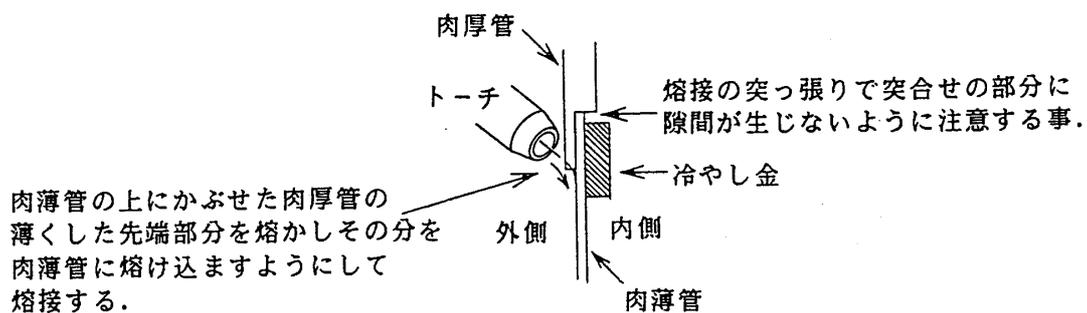
フランジと言っても1.単にセルのように肉薄管を一重にするか、2. Dewarのように肉薄管を二重にするか或は3.肉薄管の太管と細管を段付きにするかによりフランジの加工が変わってくる。

1. 肉薄管を一重でフランジに熔接する場合

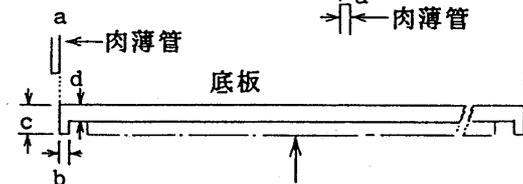
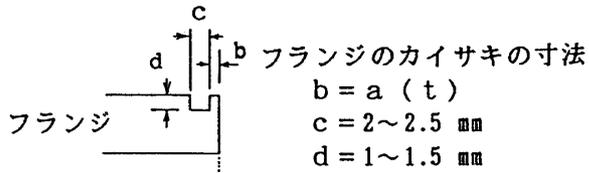
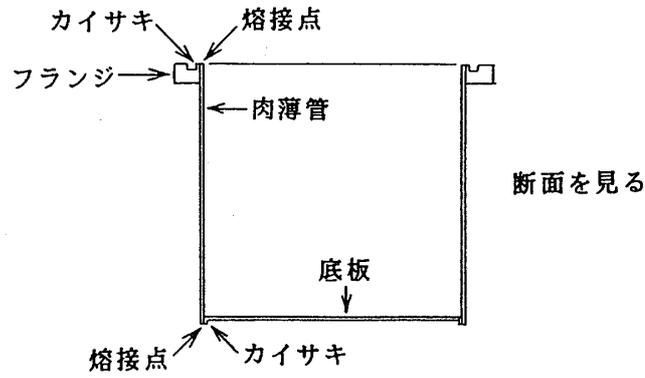
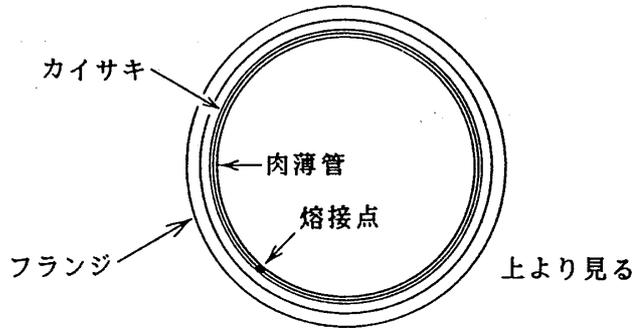
ここでの問題点は先に〔5.で〕述べたので省略し、フランジ板の加工として、旋盤でドーナツ盤或は円盤に加工、その過程に於いて肉薄管の熔接点にカイサキを付ける。肉薄管が自作の場合非真円なのでフランジのはめ込みをきつめにし、フランジと肉薄管の結合部に生じる隙間を最小にするように切削する事である。この点を留意するとフランジは3tも10t以上の厚手も同じである。底板もフランジと同じ方法でカイサキを付けるが、用途により底板が薄物が必要な場合カイサキの内側の部分を切削で落し残り板を薄くする。(第10図) 図の底板は平面板の場合を示しているが底が『おわん形』とする場合は肉薄管の切口に底板を突合せしての熔接となる。肉薄管が自作の場合フランジとのはめ込みをいくらきつめにしても隙間が生じるが、



第9図 (b) 冷やし金の当て方を示す。

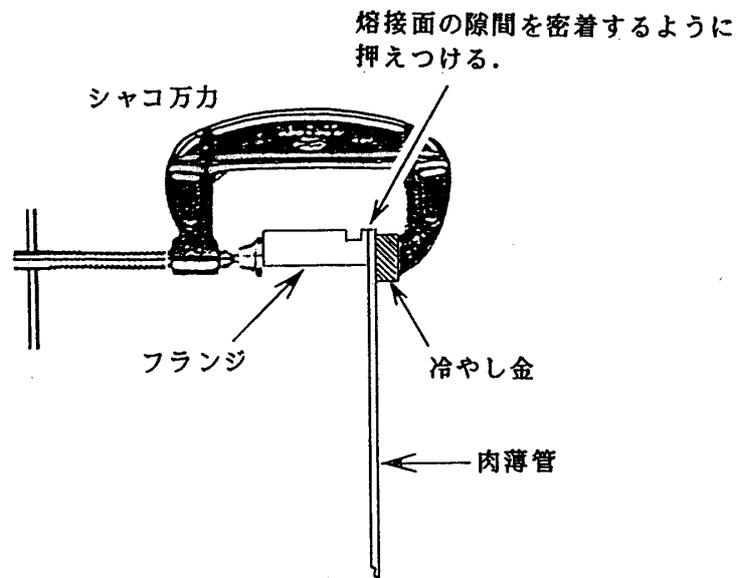


第9図(c) 肉薄管と肉厚管の熔接方法を示す。

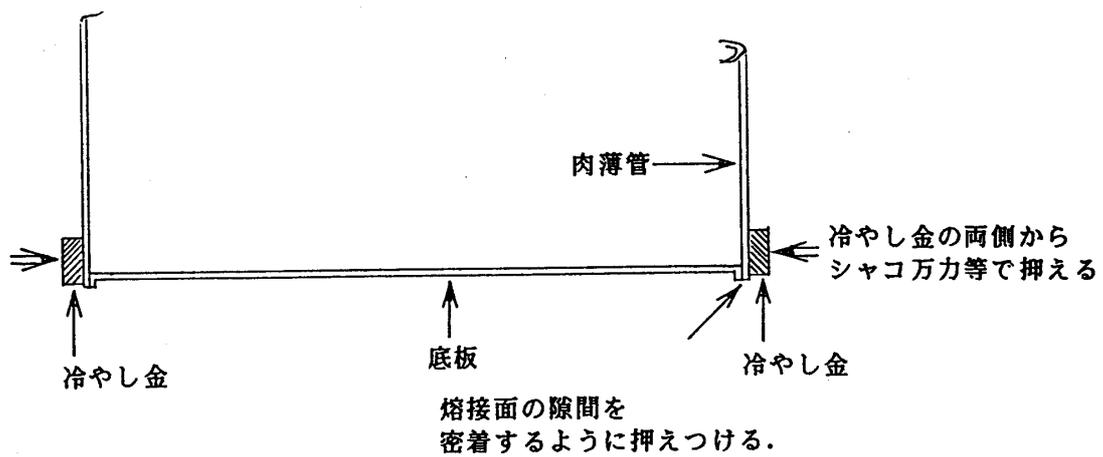


$b = a (t)$ カキサキの残り部分を切削で落とす
 $c = 3 t$ それにより底板に薄板を使用した事になる。
 $d = 1.5 \sim 2 t$

第10図 一重肉薄管とフランジの結合を示す。



第10図(b) フランジと肉薄管の押え方を示す。



第10図(c) 底板と肉薄管の押え方を示す。

止むをえずフランジ或は底板と肉薄管の間に隙間が生じた場合は、フランジ側は肉薄管の内側に冷やし金を当ててシャコ万力等で押え付ける。(第10図-b) 一方底板側は肉薄管の外側に冷やし金を当ててシャコ万力等で締め付ける。(第10図-c)

熔接方法としては隙間の無い場合は問題ないが、隙間の有る場合は隙間の大きい箇所から締め付けて点付けの仮熔接をして、隙間を全体に散らすようにして点付けを多くし固定させる。その後本熔接に入る。

2. 肉薄管を二重でフランジに熔接する場合

二重方式にするフランジの加工には二通りが考えられ、

a. 単純な二重管 (Dewer) 方式

b. Oリングを使用し外廻りをボルトで締め付ける方式でどちらの場合もフランジはドーナツ盤である。

a. この場合はフランジの内径と外径に肉薄管を各々はめ込み、重ね合わせとするので、一重管と同じ要領でカキサキを付けるとよい。(第11図) 以下熔接も同様とする。

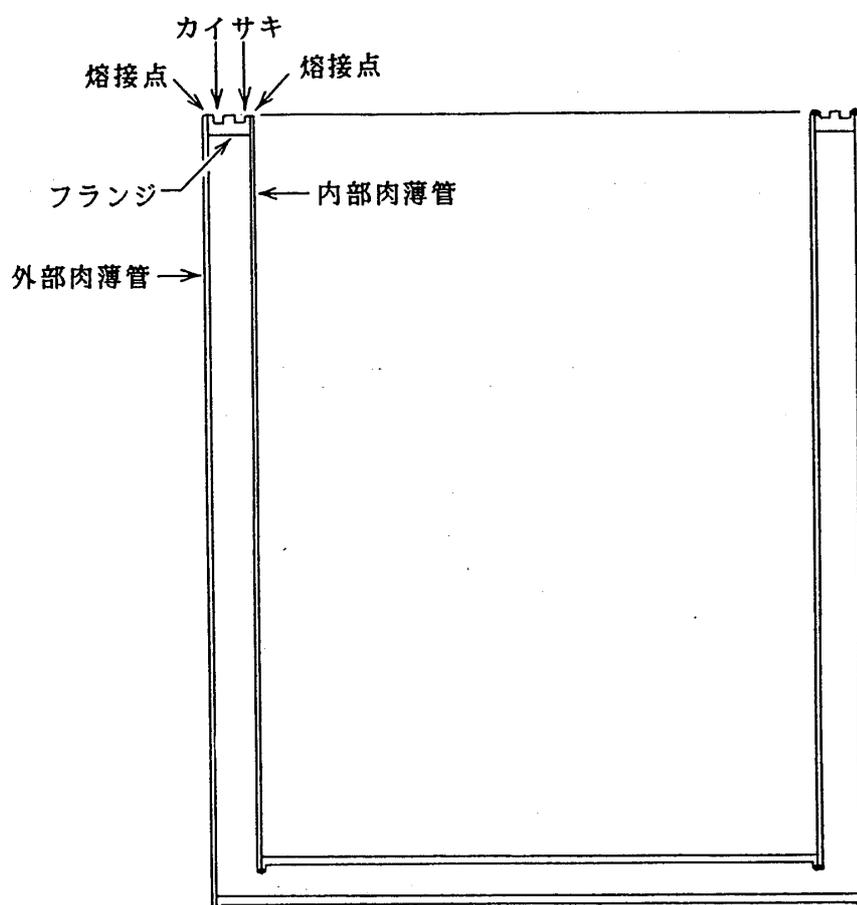
b. Metal Dewer 等でもOリング使用でその外側をフランジ同志ボルトで締め付けるような物の加工の場合、内部の肉薄管に付いては先と同じであるが、外部の肉薄管が違って来る。即ち外部の肉薄管はフランジの中間に付けるので、フランジの下面に突合せ熔接となる。前にも述べたように厚板に薄板を突合せての熔接は無理なので、カキサキを付ける事になる。先ずフランジに肉薄管をはめ込む溝を切る。この場合肉薄管の両面 (内外の) と溝の両面が密着と言う事ははめ込みに無理が有るので、(管の外側で熔接となるので) 管の外側とフランジに付けた溝の外側が最大限に密着するように切削する事である。

この溝の外側に、肉薄管の厚さ分の壁を残してもう一つ溝をつける。つまりカキサキを付けるのである。(第12図) このカキサキの外溝の外壁 (溝幅) は角も含め出来得る限り大きく取ると熔接時のトーチの接近が楽になる。(第12図-b) この様な二重管のフランジと管の熔接は、内管の方は容易に出来るので後にし、外管の方を先にする事である。先ずフランジの溝に外管を、突き当たり部分を完全に接触するにはめ込む。外管が肉薄管の為熔接時に穴があくと補修がめんどうなので最初から外管の内側に冷やし金を当てる。この冷やし金の内側とフランジの外側をシャコ万力等で、管の外側と溝の外側が密着するように押さえる。(第12図-c) この場合も肉薄管が自作の物では必ず隙間が生じるので、その隙間の大きい部分から先に押さえつけて点付けの仮熔接をして隙間を平均に散らししっかりと固定する事である。熔接のやり方として、フランジのカキサキ (壁) の方を先に融かし管の方に流すようにして融合させる。(第12図-c)

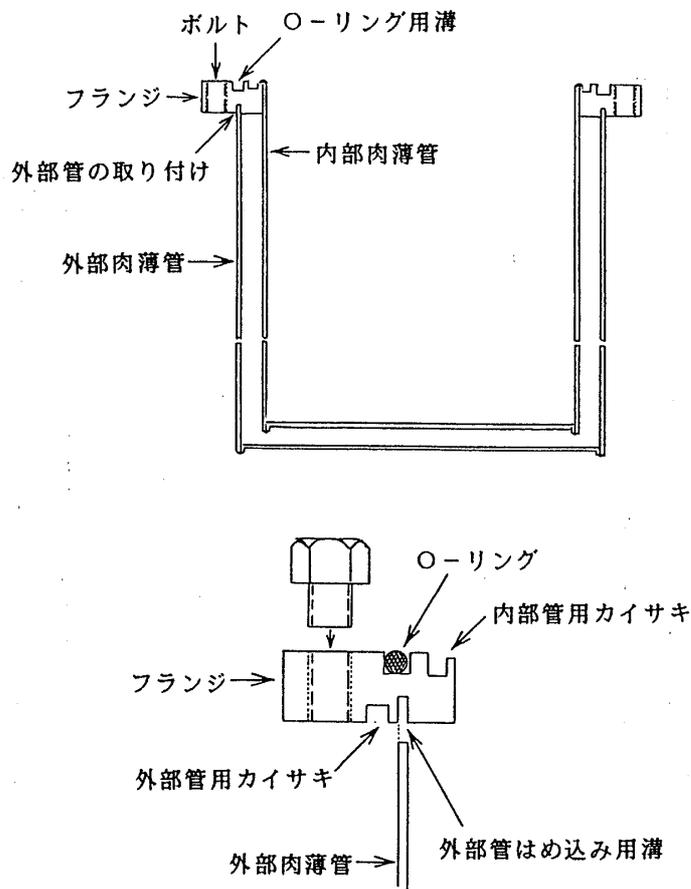
この冷やし金も、[6. 肉薄管と肉厚管の熔接。(第9図-b)] と同様に割を入れて当てる。場合によっては半円にして当てるのもよい。これにより熔接後の冷やし金の取り出しが容易である。

3. 肉薄太管と肉薄細管の段付き熔接の場合

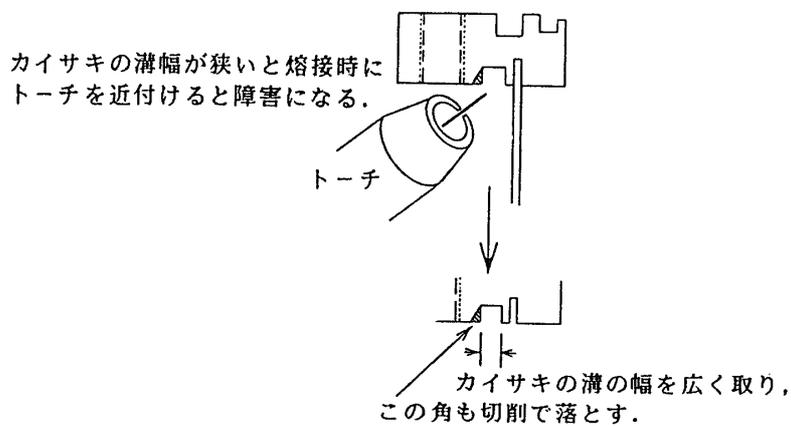
この場合肉薄管とフランジの熔接それ事態は前の〔7-1〕と同じであるが、段継ぎとするフランジの加工で、熔接する面が反面となる事からカキサキの付け方が違って来る。(第13図) 従って熔接の順序として細管とフランジを先に熔接し、太管の熔接を後にする事である。これらの冷やし金の当て方及び熔接の進め方は前の〔7-1〕と同じ要領である。(第10図参照)



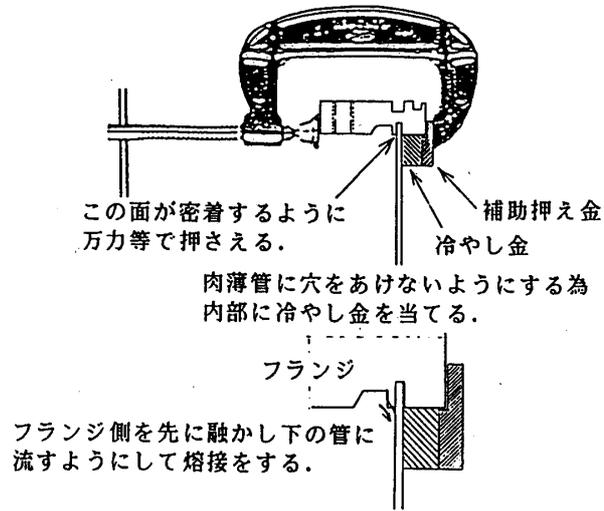
第11図 二重肉薄管とフランジの (Dewar) 結合を示す.



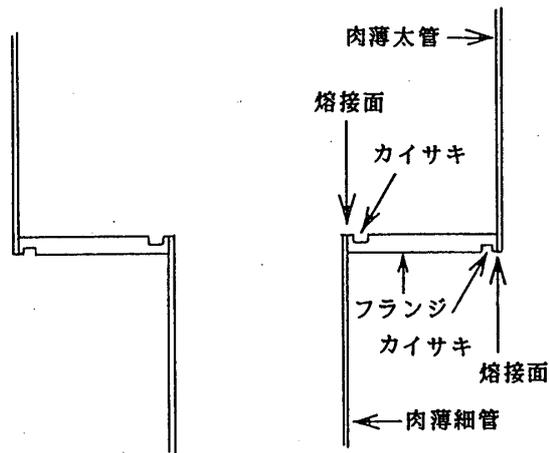
第12図 二重肉薄管とO-リング用フランジの結合を示す。



第12図(b) 外部肉薄管用のカイサキの取り方を示す



第12図(c) 溶接時の冷やし金の当て方と溶接の方法を示す。



第13図 太管と細管の段付きを示す。

8. 肉薄管とフランジの熔接に関する注意

管とフランジを熔接する場合、フランジの平面に対し管を垂直にする事（即ち芯を出す事）である。その手順は、フランジに管をはめ込んで一点を点付けして、フランジを旋盤に噛ませて管の先端の振れを修正し、(第14図-a) 狂いの生じないように外してもう一点を点付け、再度フランジを旋盤に噛ませ管の振れを確認して更にもう一点の点付けをする。この三点の点付けの位置はおよそ正三角形とする。(第14図-b) これによりフランジに対し管の芯が出る。管が細い場合は管の方を旋盤に噛ませ、フランジの面の狂いを見るのも良い。以上で一応フランジと管は固定されるが尚点付けを多くし隙間を散らしその後本熔接に入る。

本熔接で、点付けを多くしておいても熔接による肉薄管の突っ張りで隙間が生じることがある。(太い管程生じる) この隙間を最小限にする為に、本熔接を場所を飛ばしながら対面的につまり部分熔接で進めながらフランジに対する管の芯の狂いを防ぎながら、最終的には熔接がつながり全面熔接となるように行うと良い。(第14図-c)

9. SUS 肉厚管とフランジの熔接

肉厚管とは1.5t以上3t迄を言うが(熔接で3t以上については一方のみが融けて穴になると言うようなことは皆無に等しくここでは省略する) これらの管は、以前にも述べたように太い管は通称ガス管から一方細い管になると丸棒から各々切削して作るのので真円となるのでその径に合わせてフランジも切削すると隙間無く芯も出る。

フランジの内径に管をはめ込んでの熔接には2通りが考えられる。

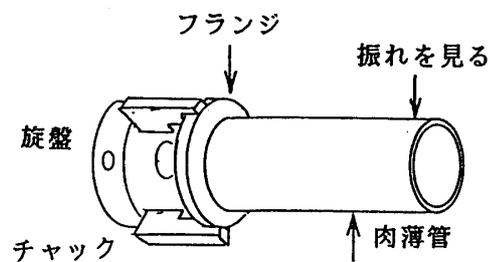
1. フランジの上面で管と熔接する方法、この場合は管の外径でフランジの厚さ分を0.5mm以上管の厚さによっては1mm切削してはめ込むようにする（即ち段付きにする）とフランジの面より管が入り過ぎる事なく熔接も容易になる。(第15図-a)
2. フランジの内面の中間で管と熔接する方法。この場合は管の方は段無しで、フランジの方で上面で管の内径に、下面は管の外径に合わせて(段付き)切削する。後はフランジに管をはめ込みフランジの段面と管を突き合わせてその継目を熔接するので肉が厚いだけで突合せと同じである。(第15図-b)

この2通りで、1.はフランジの肉が薄手(6t以下)或は管の径が細手(これはトーチを入れて熔接が可能か否か?による)の場合で、2.はフランジの肉が厚手(10t以上)の時、管の径が大きく(太い)表面を仕上げ切削でビレで波うつような場合及びフランジに蓋フランジ等を密着固定させる場合に各々有効である。

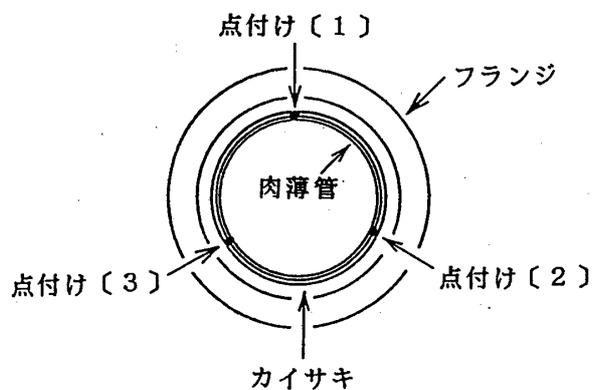
フランジの平面の中間に管を突合せ熔接する場合は肉薄管と同様管の溝を作り更にカイサキを付ける。この場合管は真円なので溝に隙間無く合わせられる。(第15図-c) 以上の場合冷やし金の必要性は無用であるが、熔接による突っ張りで合わせ目に隙間を出さないように点付けをする事である。

10. フランジにSUS肉薄の細管の熔接

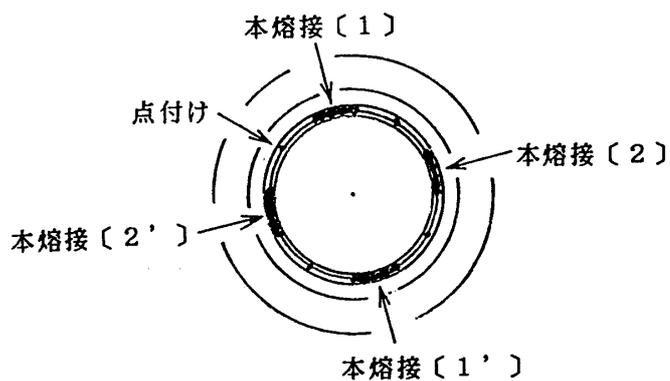
肉薄の細管に対しフランジは厚手の為熔接が困難である。がこの場合もフランジにカイサキを付けて熔接すると容易にできる。然しカイサキを付ける事が困難の場合は細管に合わせたツバ管(管は細管の肉厚に合わせ、ツバは厚めにする)を作り熔接すると容易である。(第16図)



a. 旋盤で芯の狂いを修正する.

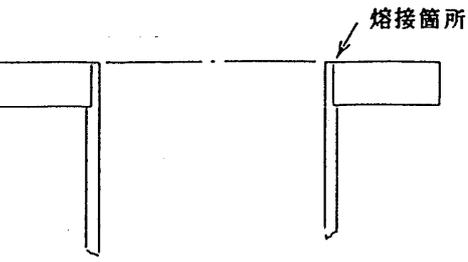
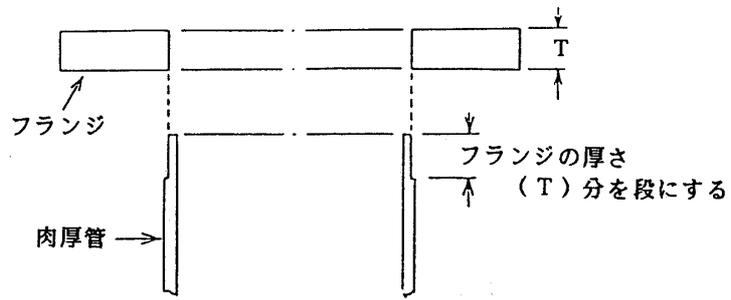


b. 点付けをしながら狂いを防ぐ.

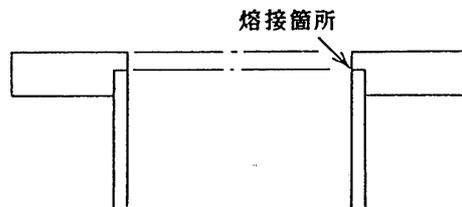
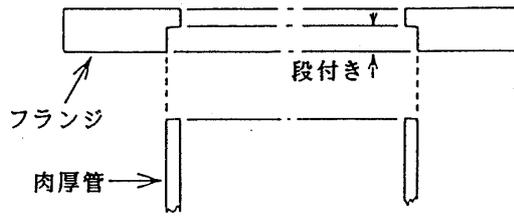


c. 点付け後の本熔接の進め方を示す.

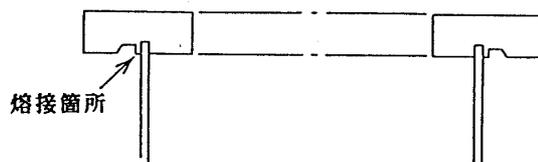
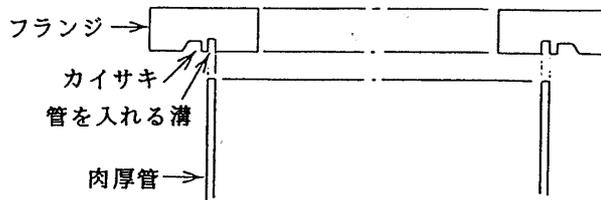
第14図 肉薄管とフランジの熔接時の芯の出し方と
熔接の進め方を示す.



a. 肉厚管を段付きとしてはめ込む.

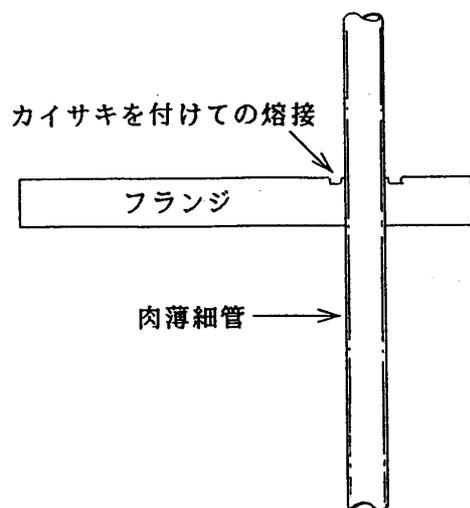


b. フランジで段付きとしてはめ込む.

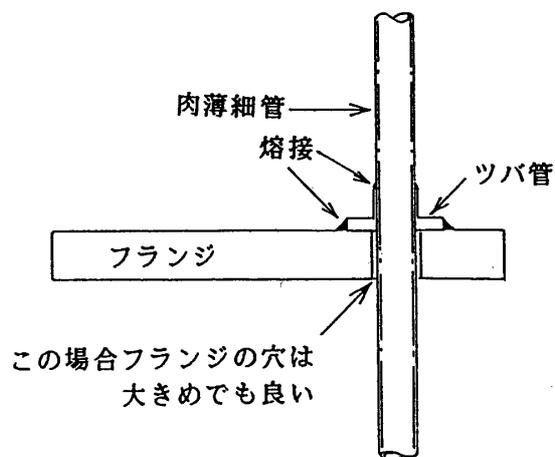


c. フランジの間に肉厚管を熔接する場合.

第15図 肉厚管とフランジの熔接方法を示す.



a. フランジにカイサキを付けての熔接



b. ツバ管を付けての熔接

第16図 フランジに肉薄細管の熔接方法を示す.

11. 管の側面に窓或は枝管の熔接

光計測に用いるクライオスタットやセルのように十字型（必要に応じては多角度に）の窓の取り付け、或は真空装置に用いる枝管の取り付け等のように本管の側面に枝を接合する場合、特に光用の窓等は本管の円形により角度に狂いが生じる。この狂いを防止する為には、

1. 本管の取り付けるべき位置の円面の一部を平面に切削する事。
2. 取り付けるべき窓管或は枝管の端を段付けにする事。

にある。この様にしてから本管と窓管或は枝管をしっかりと固定すると正確な角度での取り付けが得られる。

設計上で、本管で窓管等の接合箇所を平面に切削する為一部分で肉厚が薄くなるので、本管は肉厚管（2～3mm）とする。

熔接としては本管が細物（内部にトーチが入り難い径）の場合は外部で、本管が太物の場合は内部で、各々行うのが後の補修の点からも良い。（第17図）

12. 熔接上の注意

今までに述べた、フランジ、管、枝管等の熔接の場合ほとんどが二方面での熔接が考えられるが、どの様な場合も必ず一面での熔接で仕上げる事。特に真空化として使用する管、フランジ等のように継目を両面での熔接（これを二重熔接と言う）で中間が袋残しとしない事。それは表裏に漏れの穴（ピンホール）が生じた場合漏れ箇所の発見がまず不可能である。（第18図）
 {真空技術実務読本より}

13. フランジの加工についての設計

Oリング使用の二重管方式(Dewer)のフランジは、

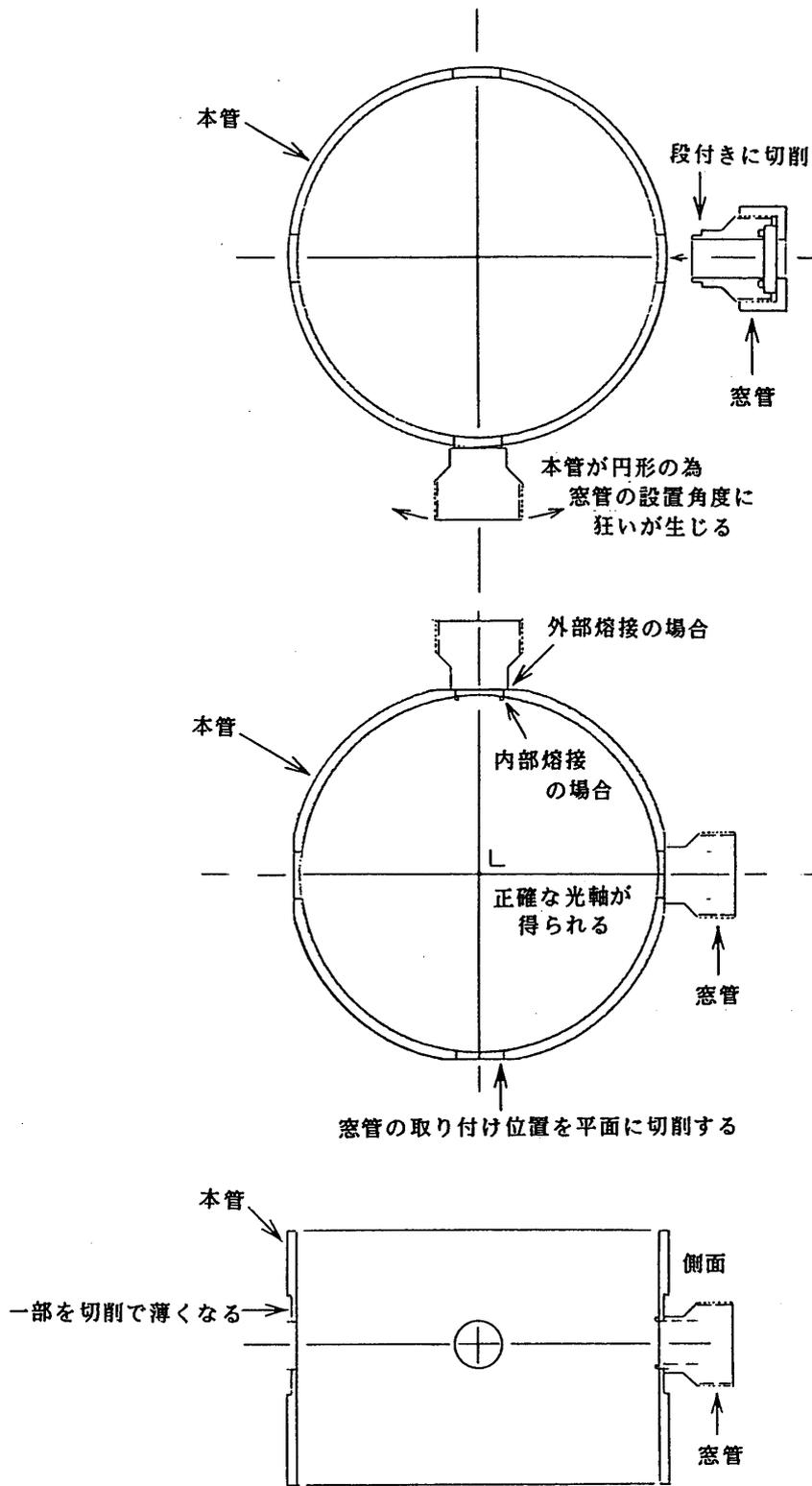
1. 内側肉薄管の必要径でフランジの内径が決まる。
2. 内側肉薄管の肉厚によりカイサキの幅が決まる。
3. カイサキの外壁とOリングの内壁の幅は、素材の圧延加工（生産）の段階で生じる鬆を考慮し最小2～3mmを要する。
4. 使用するOリングの規格より太さを決めると、Oリングの溝幅と溝の深さが決まる。
5. 内側肉薄管の外側と外側肉薄管の内側の間隔はDewerの場合最小5mm(両管が真円の場合でも3mm)必要とする。
6. Oリングの溝底と外側管のカイサキの溝底が表裏となるのでその間を機械的強度（Oリングの外側でボルト締めの際の歪み）上5mm以上とする。
7. Oリングのサイズ（太さ）によりボルトの径を決め、Oリングの外径でボルトの数を決める。

以上によりフランジの内径、外径及び肉厚が決定される。（第19図）

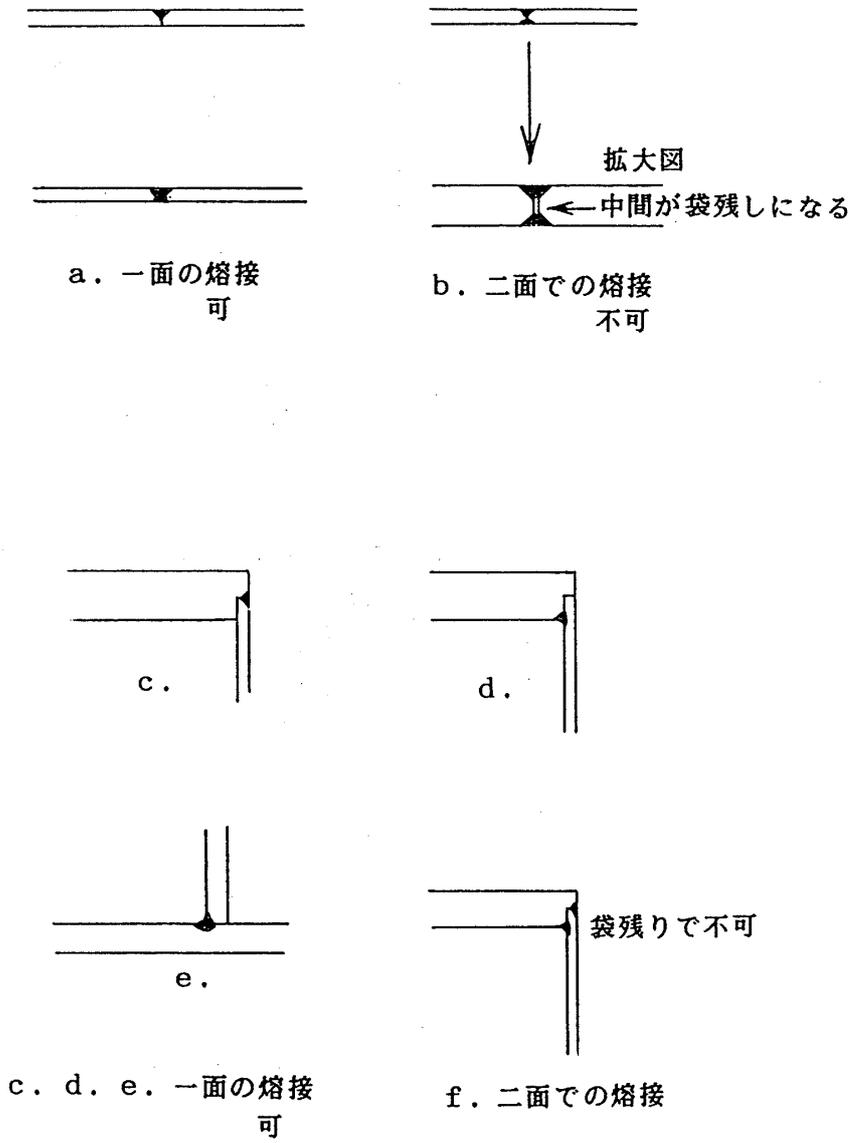
以上に述べた事がステンレス鋼の加工の基本であり、今後どういう物を作るかはこれらの応用であるのでステンレス鋼の加工及び熔接の技術を身に付ける事である。

ま と め

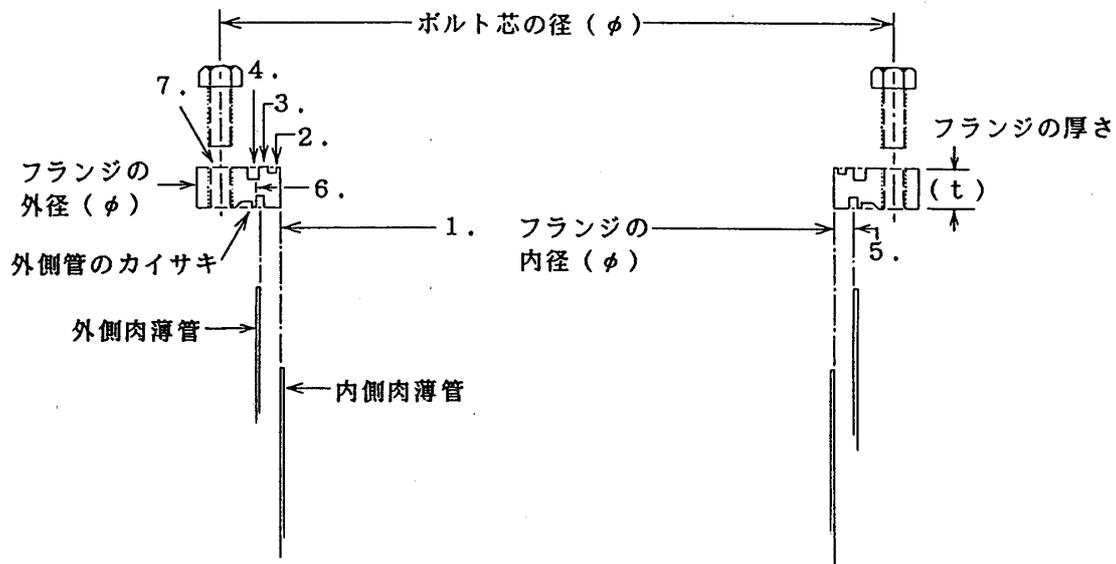
真空の雰囲気で使用する Dewer 及びクライオスタット等を工作する場合、形を組み上げた後



第17図 本管の側面に窓管等の接合方法を示す。



第18図 熔接方法について



第19図 フランジの設計

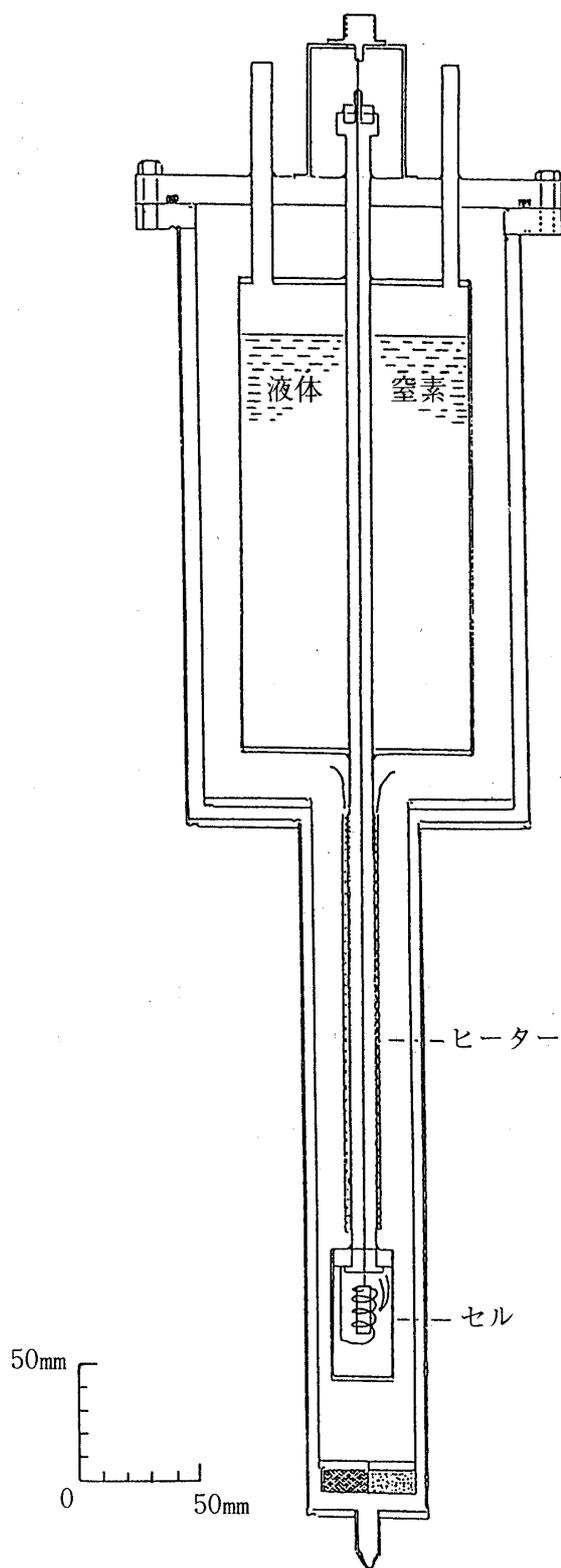
に真空漏洩を発見しても、物の構造によっては補修が不可能な事もあるので、部分品の工作熔接の段階でその都度真空漏洩試験を十分に行い漏れの無い事を確認しながら進める事、室温では漏れが発見されなくても温度を上げる(例えばガス抜きのパージングでは400℃)と熱膨張で漏れが生じる事もあるのでその点も充分配慮して行う事。

先に肉厚管はガス管より作成する。と述べたが、素材となるガス管には限度があり、
 例えば 外径 101.6φ 肉厚 3 t, 4 tを見るとその上は
 外径 114.3φ 肉厚 2 t~6 t, 一方その下は
 外径 89.1φ 肉厚 2 t~4 tとなり間が飛ぶ。

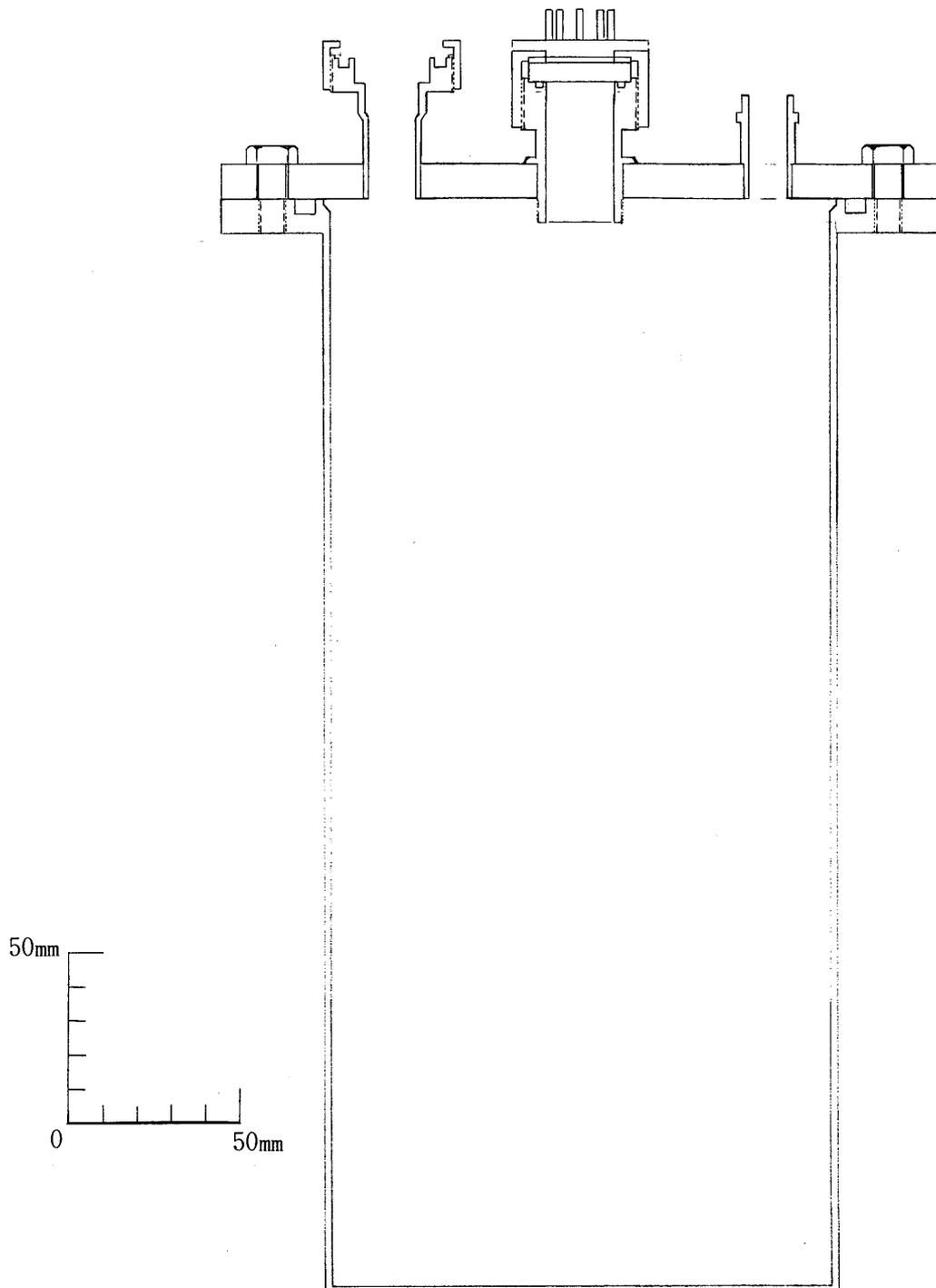
その中間を望むなら厚板を丸めて筒を作ってから所定の物を作るか、丸棒から切削して作るか、で何れにしてもコストが高く更に径の大きい物で丸棒から切削するという事は相当労力の要するので、設計に当り事前に必要とする規格材料の有無を調べ、その近傍規格への変更も必要である。これは他の材質についても言える事である。

最後に今迄に本研究所強誘電体部門で設計、製作し実験に実用化したクライオスタット及びセルの構造図を参考資料として数点記載する。

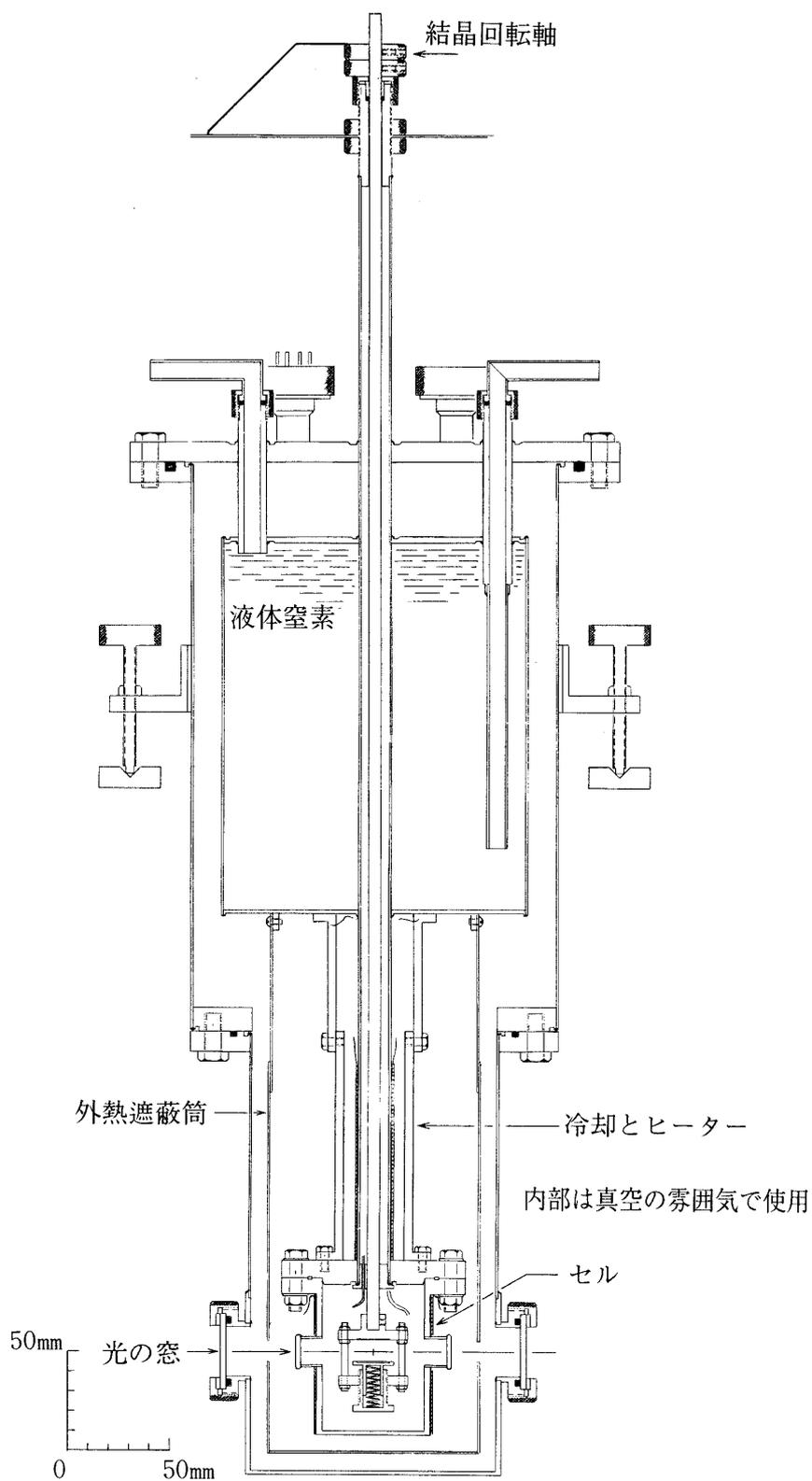
NMR 測定用クライオスタット



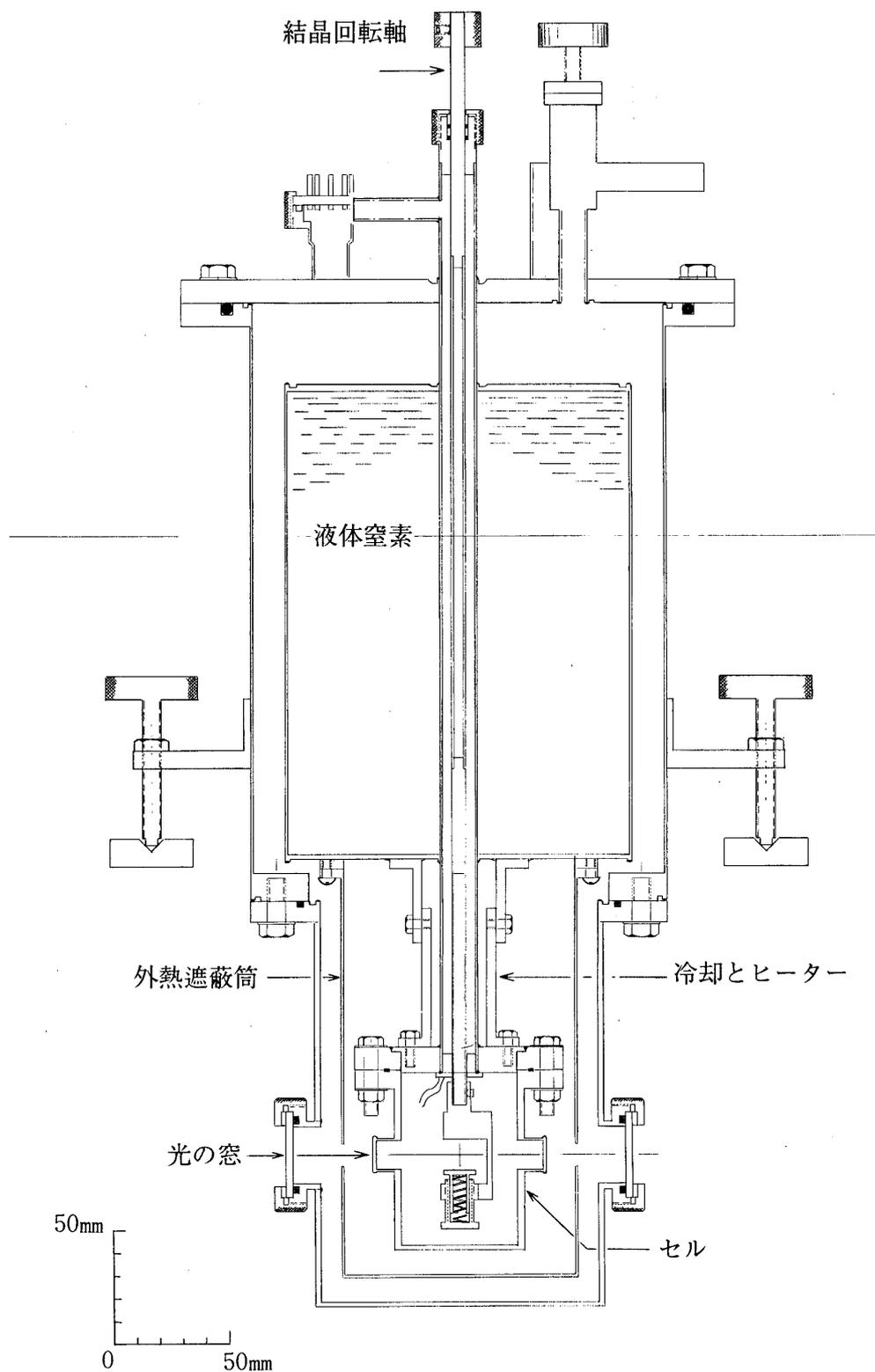
比熱測定用セル



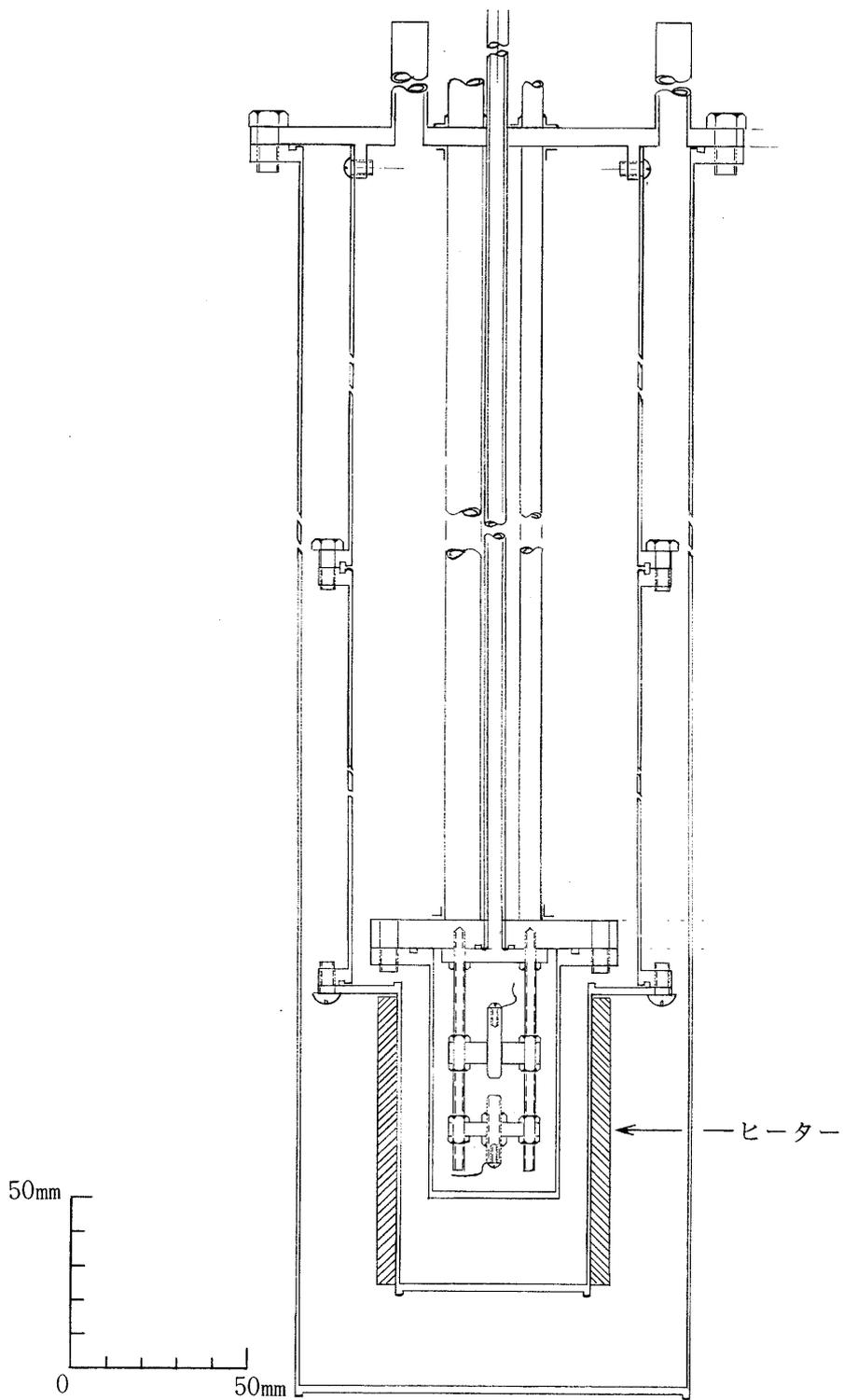
光散乱 (光軸 45° 90°)
測定用クライオスタット



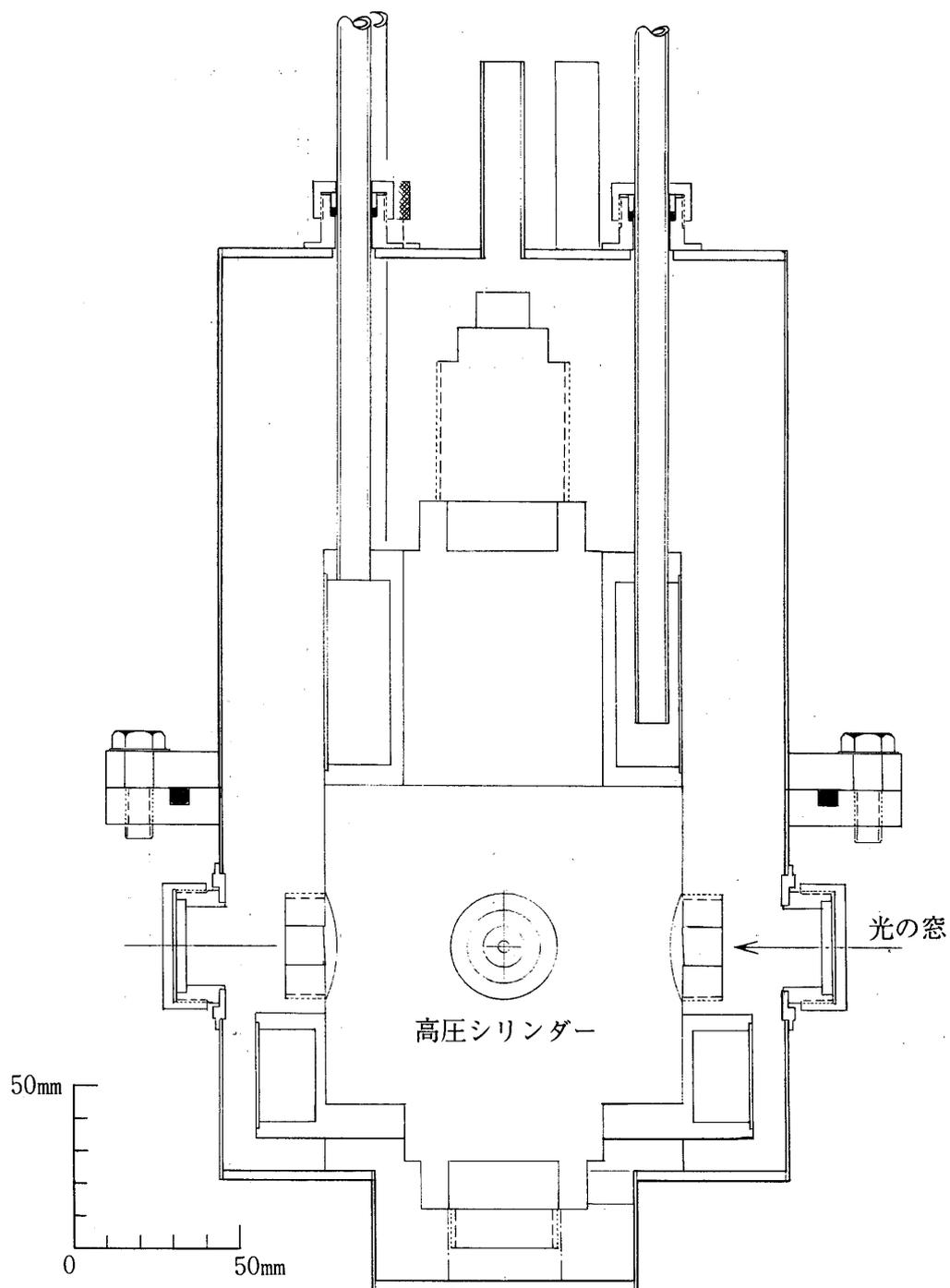
光散乱 (光軸 $45^{\circ}90^{\circ}$)
測定用クライオスタット(2)



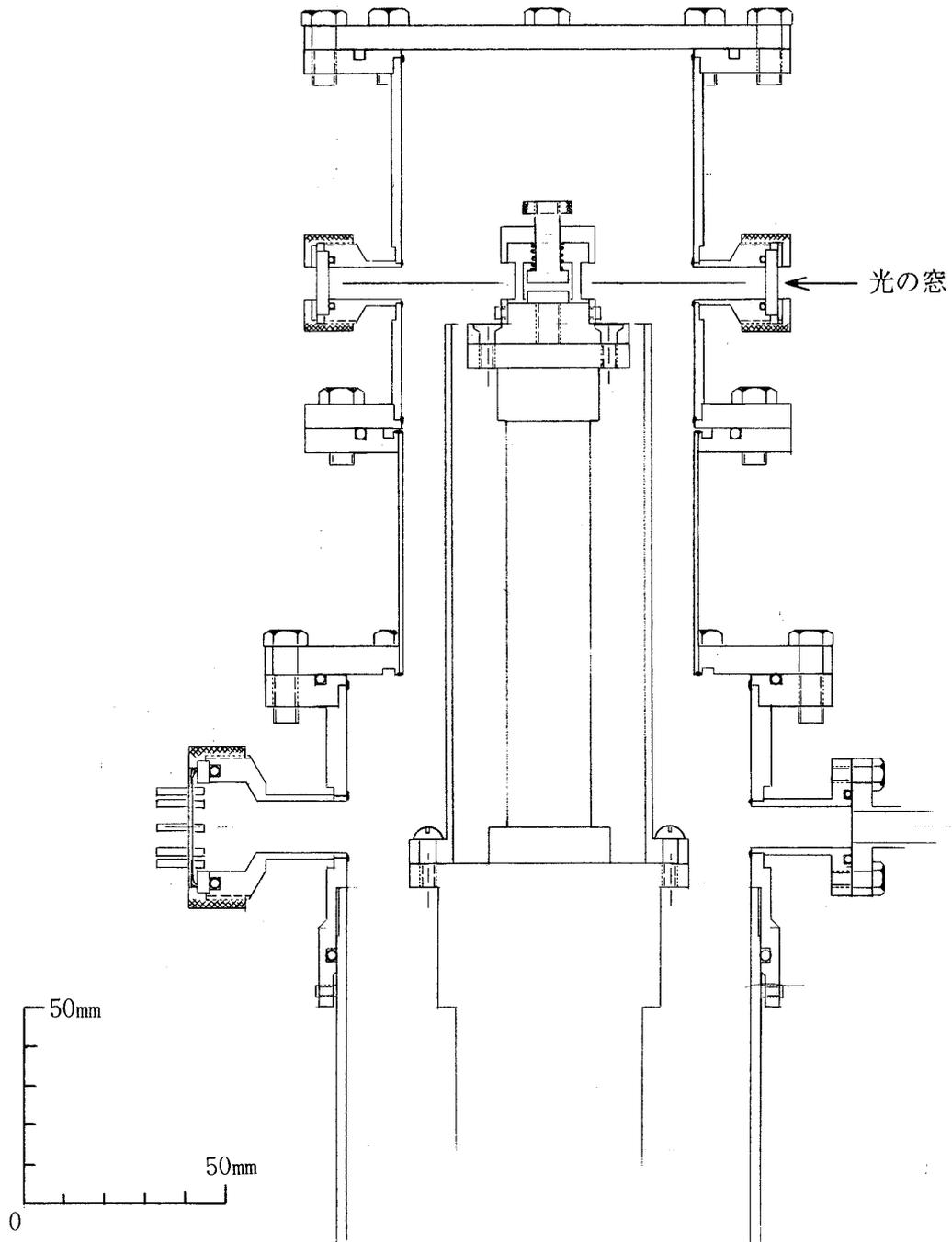
誘電率測定 高温 (200℃) 用セル



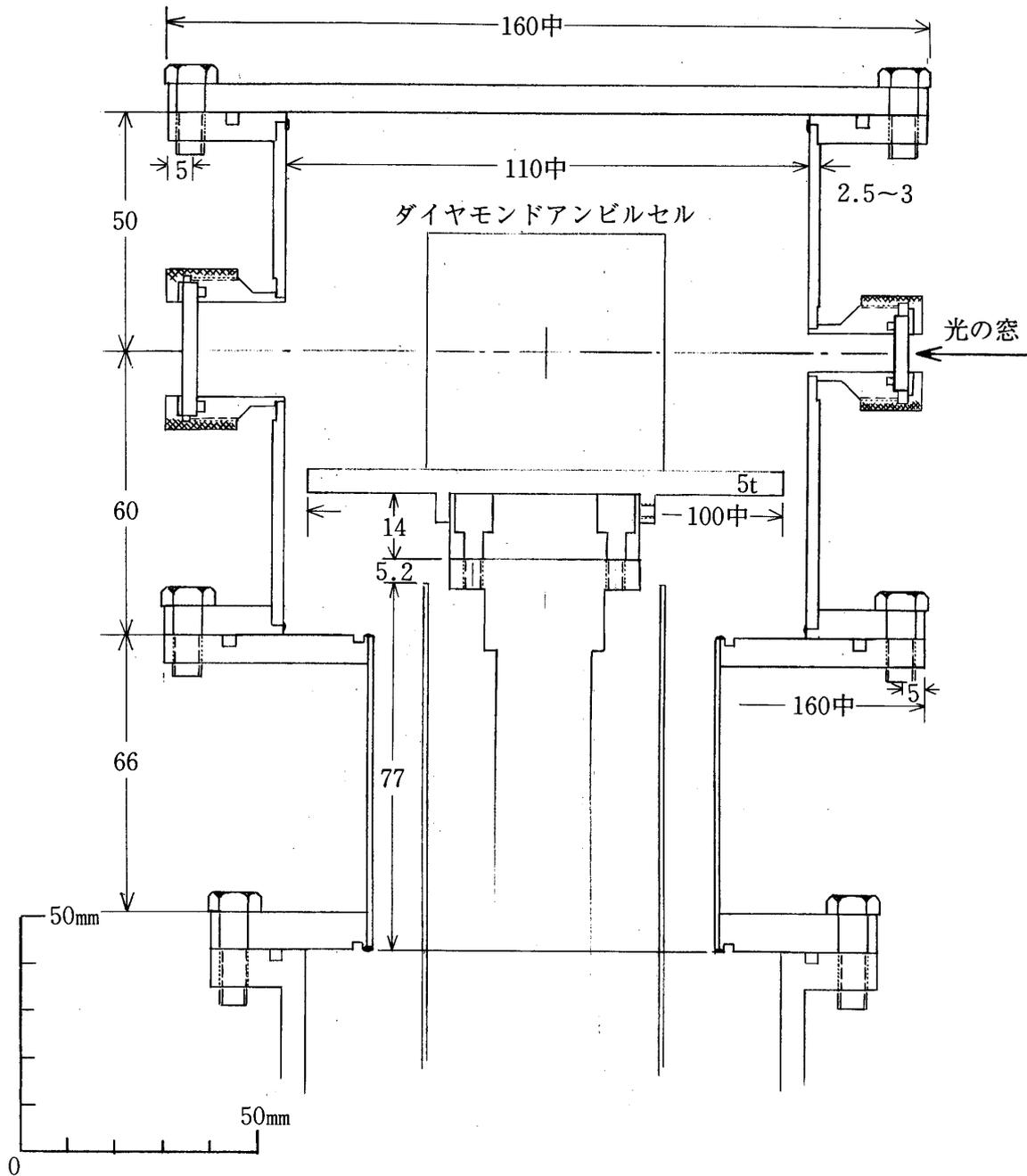
光散乱用高圧シリンダ及び保護外被兼保温セル
温度媒液巡回方式



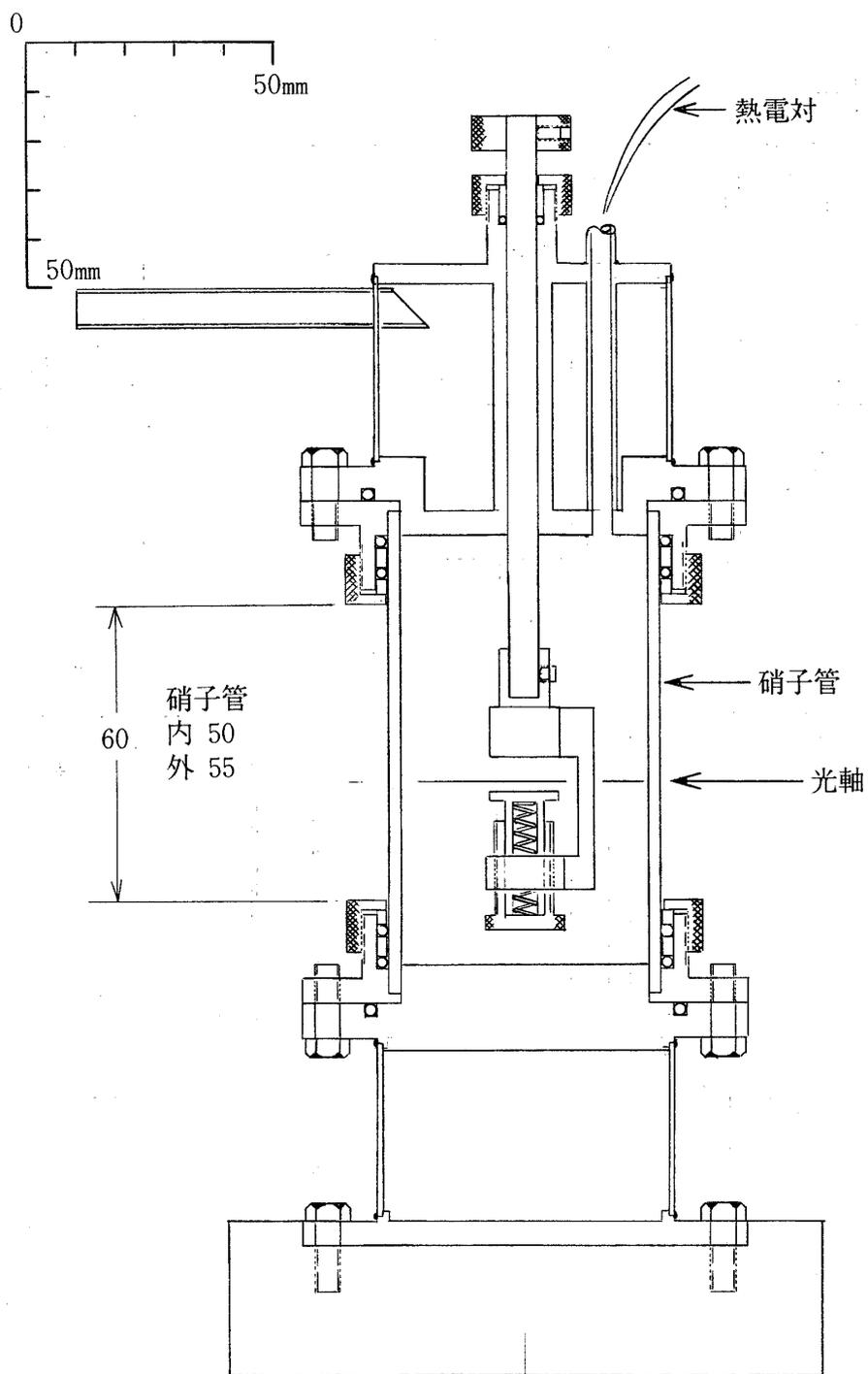
クライオミニ用低温セル(1)
断面図



クライオミニ用低温セル 断面図
(ダイヤモンドアンビルセル用)



角度可変光散乱セル 断画面



氷-水共存系セル (結晶成長セル)
断面図

