HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	光学測定用金属製ヘリウムクライオスタットの製作
Author(s)	長谷川, 慶治
Citation	北海道大学電子科学研究所技術部技術研究報告集, 1, 58-67
Issue Date	1992
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/1447
Type	bulletin (article)
File Information	KJ00000697022.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

光学測定用金属製ヘリウムクライオスタットの製作

長谷川　慶　治（機械工作室）

1971年私と強誘電体の加土技官が，東北大学電気通信研究所へ研修に赴ついた。研修の目的は，ステンレス材を使った真空容器の溶接技術取得のためである。その結果，以前は真鍮材を主体として，半田付けか，銀鑞付けが主だった真空容器等が，ステンレス製に変わり，メタルデュワー，液体窒素クライオスッタト等を容易に製作できるようになってから数年後，北大では，初めてのステンレス製による液体ヘリウムクライオスタット製作の話が持ち上がった。この度は，当研究所，機械工作室で製作した，金属製ヘリウムクライオスタットについて述べたい。（図１）

クライオスタットとは低温恒温装置の意味であるが，より一般的には，実験用デュワーとその中にある実験装置をまとめてよぶのが普通である。寒剤（液体窒素，液体ヘリウム，以下液体N_2，液体Heと略す。）をいれる実験容器の基本はデュワー瓶（以下デュワーと略す。）である。デュワーとは要するに魔法瓶で，間を真空にした二重の壁をもつ液体容器であり，その材質はガラス，金属，が主で，そのデュワーを二重デュワーにしたのが，液体He用クライオスタットの基本形である。（図２）　そこで，ガラスデュワー，と金属デュワーの特長，欠点の比較をしてみたい。ガラスデュワーはガラスを通しての室温からの熱反射を遮るために，真空に面した壁面を銀メッキする。内部の液面や装置が見えるようにするためには上下方向に２本のスリットを設けることができる。ガラスデュワーの特長は内部が見えること，金属デュワーと比較して安価なこと，特に内部が見えることは液量を知るときや，装置の姿勢を調整するときに便利である。これは，金属では，決して真似のできない，ガラスの大きな特長である。欠点は破損しやすいこと，寸法の精度が悪いこと，Heガスは室温でかなり速く拡散し断熱用真空部の真空度を下げるので，ときどき引き直しが必要になることである。

因みに，当研究所ガラス工作室に，一体型クライオスタット製作の可能性について尋ねた。（図３）その結果技術的には可能であるが，当方には，各ガラス管を完全に溶かして，繋ぎ合わせるための，高カロリーガスが無いため，製作に非常な困難を伴うそうである。金属デュワーの材料はステンレス鋼製が一般的である。薄く作れ，精度と強度に優れていることが利点で，漏れのない溶接をするための技術と注意が必要なこと，高価であること，重いことなどが欠点になる。

このメタルクライオスタットは液体He温度（２Ｋ～4.2Ｋ）での光学測定用クライオスタットである。窓に石英板ガラスを使用して広い波長範囲を測定する。測定波長範囲は2.000オングロスロームから2.5ミクロンの範囲内での光学測定ができる。

主な特長として，液体He槽の底の部分が石英ガラスであるが，高温での測定をする場合は底をメタルにして伝導型としての光測定が可能である。（図４）窓部分の石英板を接着剤でメタルに直接付けたため，光源と受光部の距離を短くでき，その結果，Ｆ値が小さくなり測定有効角を広くできた。

次に設計，製作上における条件を簡単に述べたい。まず，液体He槽の設計上のポイントとしては，機械的強度が許す限り液He槽の肉厚をなるべく薄くした方が望ましい。その理由は液体$N_2$1グラムの気化熱48.8カロリーに対して，液体Heは僅か５カロリーである。そのために，液体Heの消費量をできるだけ少なくする目的で熱容量の小さい液体He槽が必要となる。（液体Heは高価である。）しかし，工作上の問題として，あまり薄い材料では溶接の作業中に接合面に穴をあけたり，ピンホールを作って，リークの原因にさせたりする危険性が非常に高いので，設計上，工作上における両者の接点を見いだす必要がある。その結果，液体He槽の壁面円筒部分は板厚０.８㎜，液体N_2槽の壁面円筒部分は板厚１.０㎜，液体N_2，He槽の上板，底板は仕上がり板厚寸法２.５㎜位にしたいため板厚３.０㎜，そして液体N_2，Heの導入管，及び気化したN_2，Heガスの排気管は肉厚０.４～０.５㎜のシームレスパイプを使用し，フランジ部分は板厚12㎜の板を加工することにした。材質は全てSUS304のステンレス鋼である。

作業は，液体N_2，He槽の壁面円筒作りから始める。0.8，1.0㎜，各々のステンレス板を仕上がり円周の寸法に切り，長さ方向は，仕上がり長さより30～40㎜程度余分に切り，ローラーで丸める。その時に磨きのかかった面を真空面にするように丸める。理由はガラスデュワーと同じで，メタルを通しての熱放射をさえぎるためである。丸めた板の接合面にあたる部分と冷やし金の汚れをアルコールで良くふき取り，（以前は汚れが良く落ちる，トリクロルエチレンを使用していたが，発癌性の問題等で危険性が高いので，使用を中止している。）両端が完全に接触するように針金で締め上げ、接合面の点付けを行なう。点付けの順序は，まず最初中間(1)に点付けをし，針金を移動させて，円筒上下(2)，次に(1)と(2)の中間(3)，更にその中間と順次，点付けを行い，最終的な点付けの間隔は，10～15㎜位にする。（図５）点付けの時に，接合面に食い違いが生じた場合は，直ちに食い違い部分を元の状態に戻す。方法は，円筒の内径サイズに近い丸棒，又は肉厚管を円筒の中に入れ，外から重いプラスチックハンマーか中型の鉄ハンマーで食い違い部分を叩いて直す。食い違いを直す理由は，例えば板厚０.８㎜の板に，０.１㎜の食い違いを生じたとすると，両端の溶接部分が互いに０.１㎜マイナスになり，０.６㎜相当にしかならなうなるからである。点付けの終わった円筒は，次に溶接作業になるが，その前に溶接物と冷やし金を再度脱脂，その他の汚れを取り去ってから円筒の裏に冷やし金を当てて溶接を行う。冷やし金の役割は，溶接によって生じた熱を素早く冷やし金に吸収するので，穴があきずらくなると同時に，溶接個所の裏が酸化して黒くなり，肌がざらつくのも防ぎ，そして電流を上げられるので，溶け込み状態が良好になる。しかし，１㎜以下の板を溶接した場合，溶接の始めと終わりに焼け落ちと，一般的には「ヘソ」と呼ばれる凹みができ易く，これがリークに繋がることもあるので，両端のその部分を，余分な長さの分だけを切り取ってしまう。（図６）切断方法は旋盤に４方爪チャックを取り付け，切断される円筒より少し太めの金属丸棒をくわえ，皿センターをセットした押しコップで，押さなければはまらない位の太さまで切削してはめ込み，スリップ防止のためのポンチを打ち込んでから突っ切りバイトで切断する。（図７）そうすることによって液体N_2，He槽の上板，下板の寸法を知ることができる。丸棒に残った部分は，タガネで切り取る。これで液体N_2，He容器の壁面部分の出来上がりである。

次に液体N_2，He容器の上板と底板の加工である。これは，旋盤に3㎜の板を固定して,両者の肌を仕上げ2.5㎜位の板厚にすると同時に，先に溶接した円筒の内径にきっちりと隙間の無いような寸法の円盤に加工して，その円盤の中心方向1㎜位の位置に溶接用カイサキ溝（以下カイサキと略す。）を付け，さらに円盤中心に測定される試料挿入用二重管の寸法に合わせた穴を仕上げ，その穴から外周方向0.5㎜位の位置にカイサキを付けて仕上げる。液体N_2，He注入用二重管，及び気化したN_2，Heガスの排出用二重管の穴位置は，中心より外れた所にあるので外部フランジ，液体N_2，He槽の上板の穴位置，及び外管，内管の外径寸法を間違わないように注意が必要である。この作業は立フライス盤にロータリーテーブルをセットしてX，Y座標による位置決めをして,それをもとに旋盤で穴あけとカイサキ付けを行なって仕上げる。（図8）

次に液体N_2，He気化したN_2，Heガス等の注入，排出用二重管を繋ぐカラーは旋盤で加工するが，これも管の外径，内径にきっちりはまり込むようにする。以上でメタルクライオスタット部品が完成し，総部品数が20数個になり，それらの部品を超音波洗浄機を使って溶接の過程に於けるピンホールの発生に極力避けるために完全な脱脂，汚れを除去する。

溶接は当然のことながらピンボールを絶対に作ってはならない。場所によっては修理の効く箇所もあるが，大部分は修正不可能な箇所である。そのために前記に述べた，はめ込みの寸法精度，冷やし金が必要になり，それと同時に溶接する部品の順序を間違えると組み上がらなくなるので，良く考えながら行う必要がある。

出来上がったクライオスタットをテストしてみた結果，光学測定用の場合，液体He3ℓ入れ，途中で液体N_2も補給しないで8時間位，熱伝導型で30数時間もつことが判明した。これは予想以上の数値だそうである。

本来ならば，個々の溶接を終わった時点で，ヘリウムリークディテクターでリークテストを行いながら次の段階の溶接を行うべきであるが,残念ながら当研究所にはこの装置が無いので，慎重の上に慎重を重ねて，溶接を行った結果が成功につながったと思う次第である。

参　考　文　献

小林俊一・大塚洋一著　　低温技術［第2版］
日本ガラス技術研究会　　会誌　第19号

光学測定用金属製ヘリウムクライオスタット

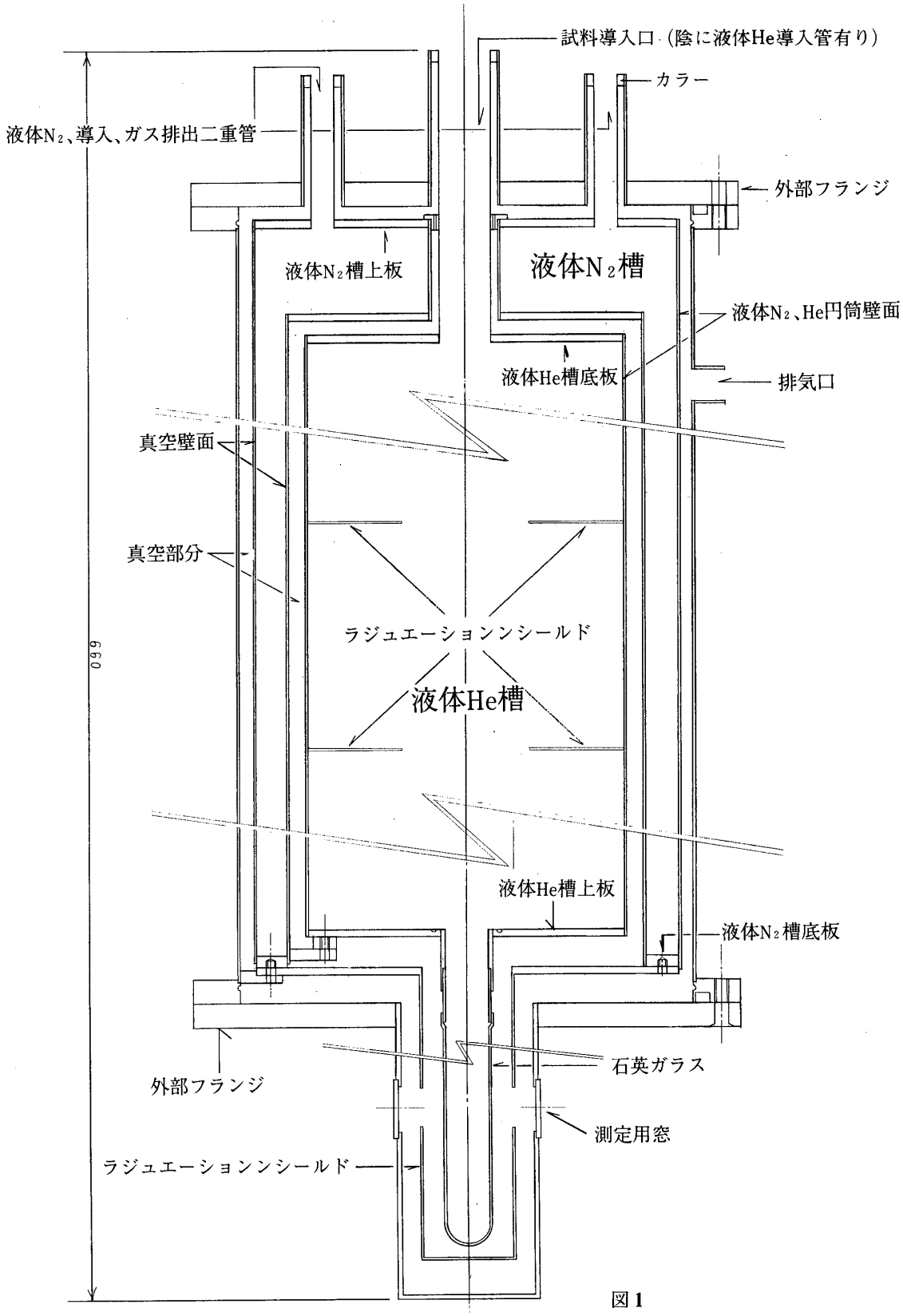
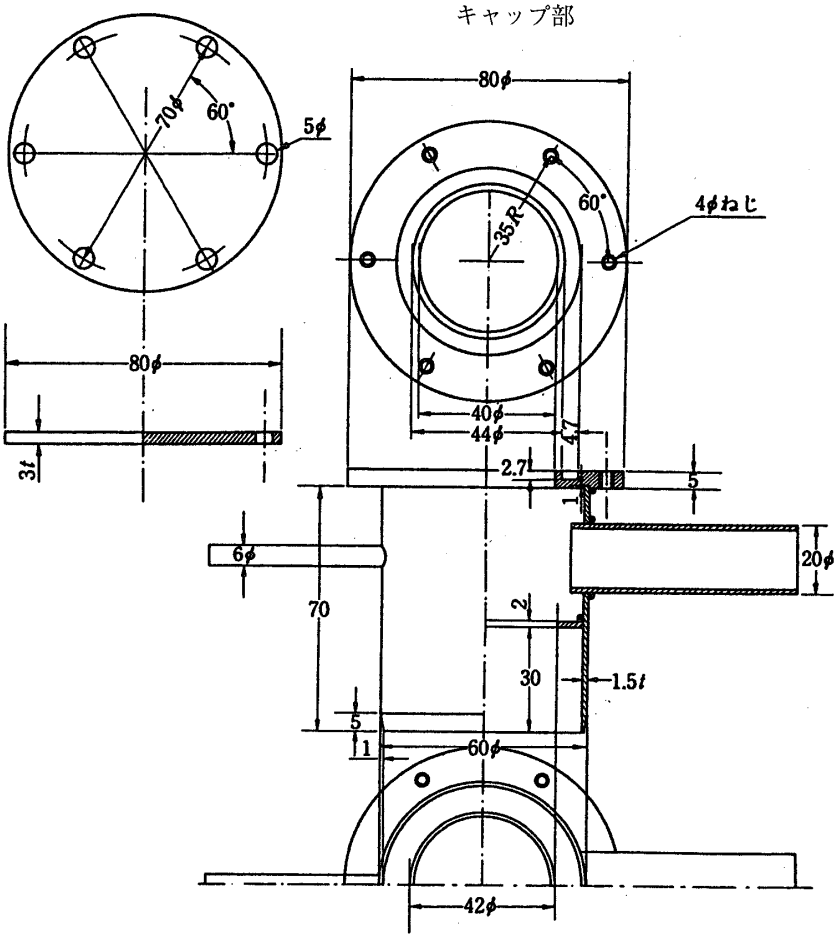
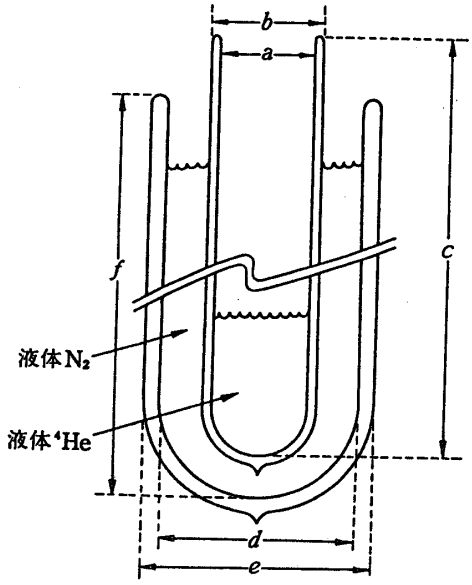


図1

キャップ部

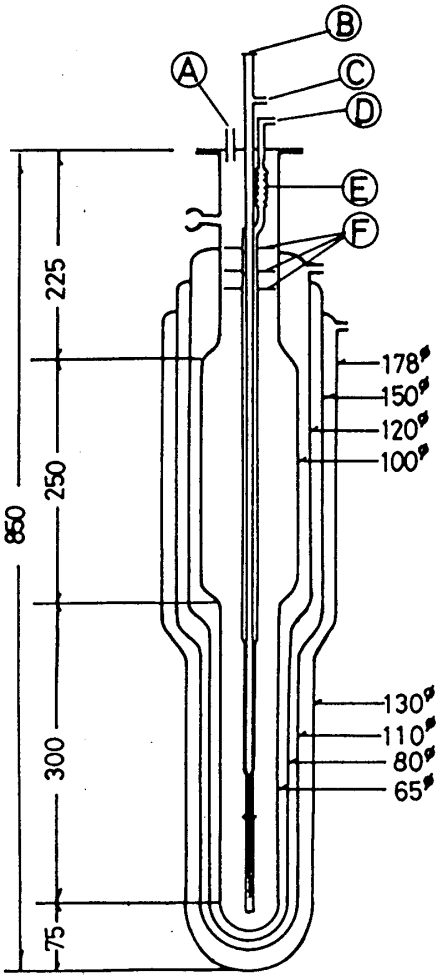


デュワー部



$a=$ 42mm
$b=$ 55mm
$c=$750mm
$d=$ 85mm
$e=$100mm
$f=$700mm

図 2



A；ヘリウム汲入れ口，

B；試料導入口

C；試料部ヘリウム排気口

D；断熱セル排気口

E；リン青銅ベロー管

F； thermal anchor 用銅板バッフル

図 3

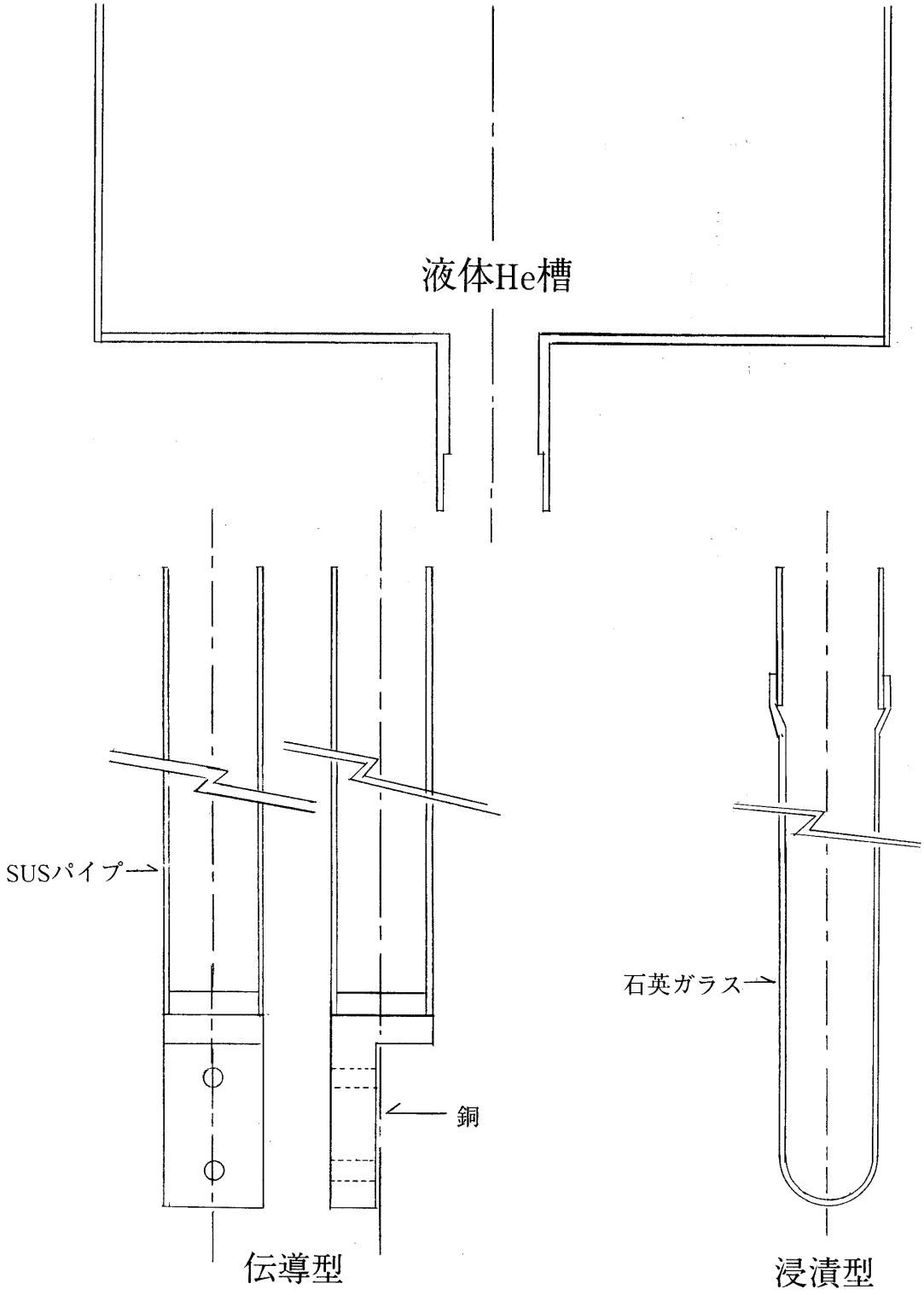


図 4

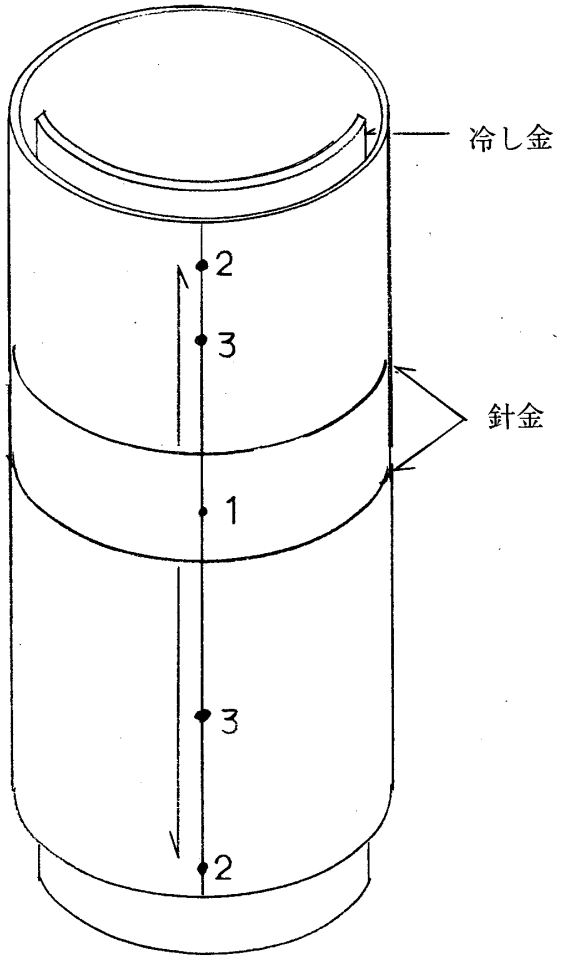


図5

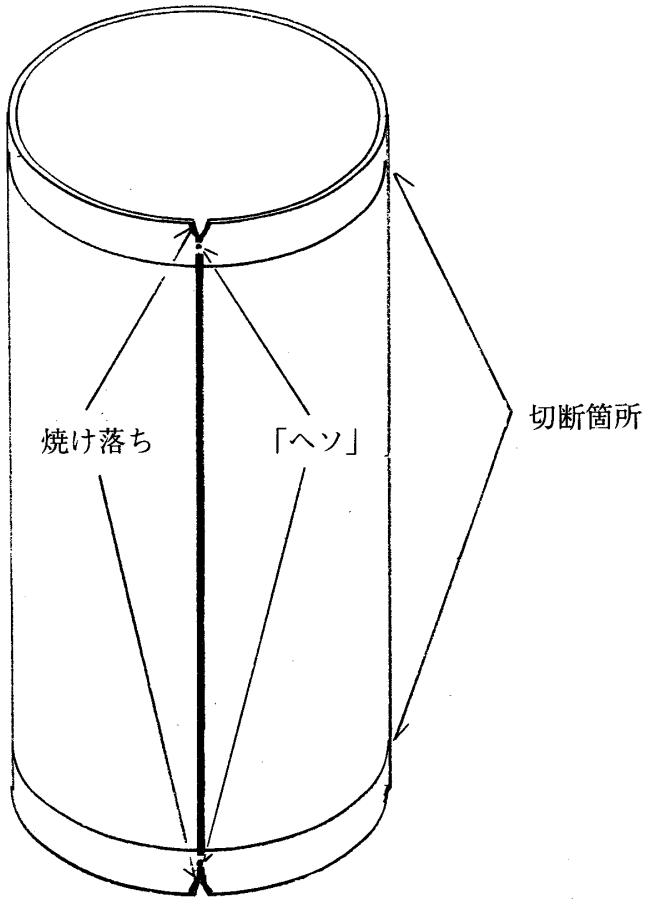


図6

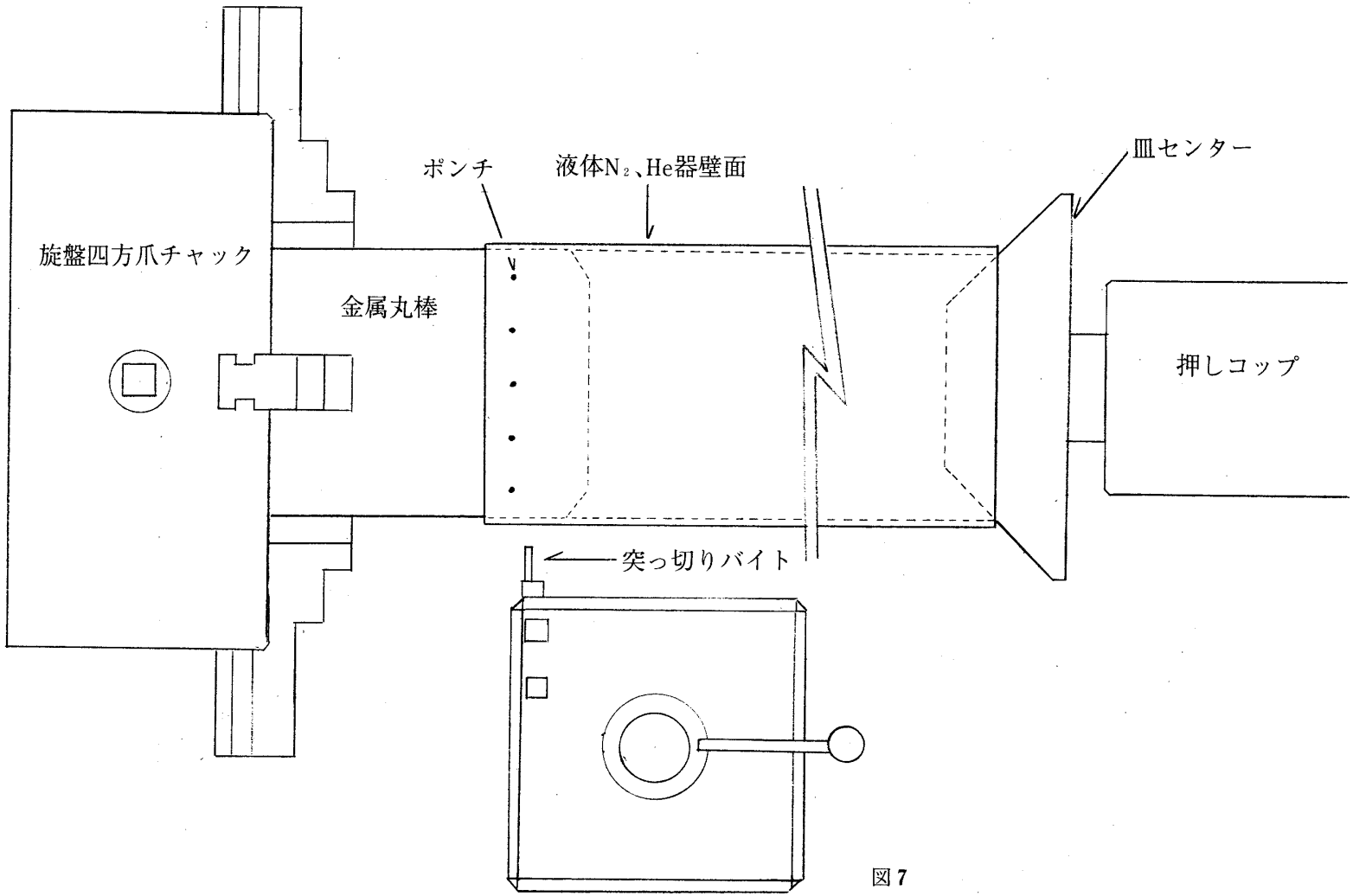


図7

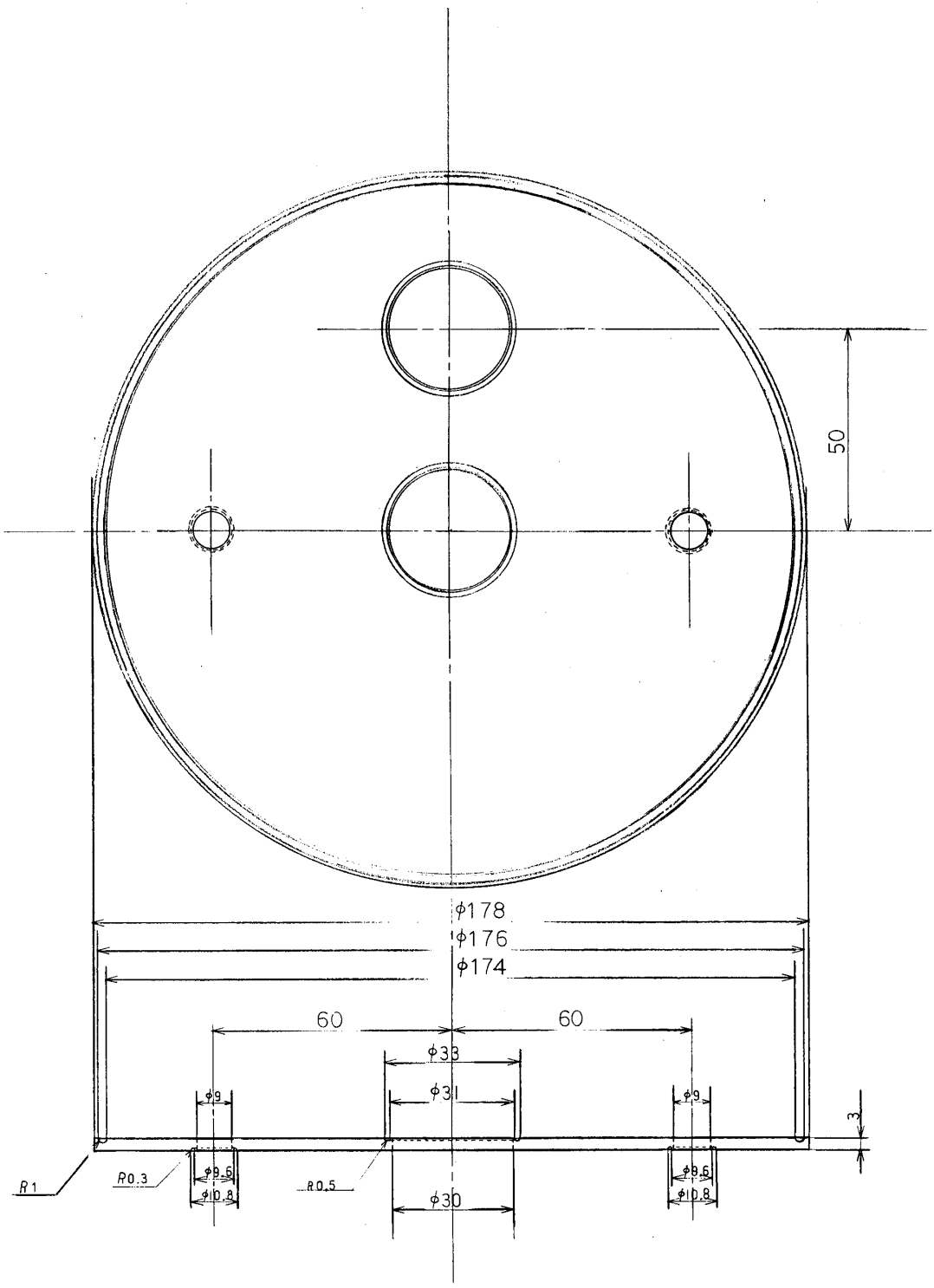

50
φ178
φ176
φ174
60
60
φ33
φ31
φ9
φ9
3
R1
R0.3
φ9.6
φ10.8
R0.5
φ30
φ9.6
φ10.8

図 8