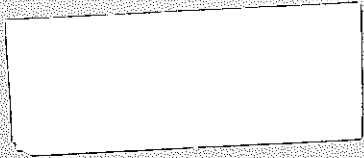


T N 952 74-01



区分変更	
変更後番号	≡
決裁年月日	平成 13 年 7 月 31 日

高速実験炉におけるヘリウム漏洩試験の手引



1974年1月

技術資料コード	
開示区分	レポートNo.
	N 952 74-01
この資料は 図書室保存資料です 閲覧には技術資料閲覧票が必要です	
動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター技術管理室	

動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)



T N952 74-01
1974年1月31日

要 旨

本報は「常陽」において実施して来たヘリウム漏洩試験の経験に基づき、ヘリウム漏洩試験の検討を取纏めたものである。

内容はヘリウム漏洩試験一般、各種の試験法、失敗例、および代表的なデータを集録してある。

阿 部 功
平 沢 義 也
尾 尻 洋 介
井 上 達 也
鈴 木 幸 男



TN952 74-01
31, Jan., 1974

Helium Leak Test in Experimental Fast Reactor "JOYO"

Isao ABE
Yoshiya HIRAZAWA
Yosuke OJIRI
Tatsuya INOUE
Yukio SUZUKI

Helium leak detecting method has been used to test integrity of JOYO sodium components in many applications. This report is concerned with technical concepts of Helium leak test achieved by experiences in construction.

This document contains the following contents; fundamentals of Helium leak test, testing method in applications, typical examples on failed tests and useful experimental data.

目 次

1. まえがき	1
2. ヘリウム漏洩試験一般	2
3. ヘリウム漏洩試験の種類	3
4. ヘリウム漏洩試験の原理	5
5. ヘリウム漏洩試験方法	8
(1) 真空法によるヘリウム漏洩試験	8
(2) 加圧積分法によるヘリウム漏洩試験	11
(3) 加圧スニファ法によるヘリウム漏洩試験	15
6. ヘリウム漏洩試験の注意事項	19
7. 参考資料	22
(1) ヘリウム漏洩試験の失敗例	22
(i) ヘリウム漏洩検出器の故障または不具合	22
(ii) 真空法による失敗例	23
(iii) 加圧積分法による失敗例	25
(iv) 加圧スニファ法による失敗例	26
(2) 試験結果例および試験記録用紙例	28

まえがき

高速実験炉「常陽」にヘリウム漏洩試験を実施しているのは、実験炉は低圧高温であるため構造的に軽水炉と様相が異なる所が多いので通常の溶接部試験検査に加えてヘリウム漏洩試験を行なうことが溶接部の健全性の確認にはより有効と考えられるからである。

液体浸透探傷試験、放射線透過試験などの非破壊試験法は従来から十分な実績があるがヘリウム漏洩試験は工業段階での経験が少なく特に大型機器でのヘリウム漏洩試験には固有の困難も伴ない少なからぬ問題が生じた。本資料は、実験炉における経験を今後に生かし標準的なヘリウム漏洩試験方案の確立の一助として検討を行なったものである。

最後に科学技術庁殿の立合の際御指導いただいた原子炉規制課の各検査官に対し心より感謝致します。

2. ヘリウム漏洩試験一般

ヘリウム漏洩試験は漏洩を検知するのに、媒体ガスとしてヘリウムガスを用い質量分析型検出器により検出し、評価する試験法である。本試験方法は、検出感度が高く、定量的評価が可能であることから、原子力機器を始め、圧力容器、真空機器などに次第に多く採用されて来ている。(*1)

試験法は加圧法、真空法がありいずれの方法による試験も可能であるため、被試験体に応じていずれかの方法により漏洩試験が出来る。

ヘリウム漏洩試験および他の漏洩試験の検出法、並びにそれらの測定範囲を表1に示す。

表1 漏洩試験法

試験法	方法	測定範囲 (Acc/sec)	備考
水圧法	水圧による表面漏れ	$1 \sim 10^{-2}$	水を張れるものに限る。
ソープバブル法	気圧による石鹼水発泡	$10^{-2} \sim 10^{-4}$	5～10分間観察
電離真空計法	電離真空計による真空度変化	$10^{-3} \sim 10^{-5}$	高真空にする必要あり
ハロゲンガス法	白金線の陽イオン放射	$10^{-4} \sim 10^{-5}$	ハロゲン漏洩検出器使用
アンモニアガス	アンモニアによる テランシア試薬の着色	$10^{-6} \sim 10^{-7}$	封入および洗浄技術については特殊技術を要する
ヘリウムガス法	漏洩ガスの質量分析	$10^{-6} \sim 10^{-10}$	ヘリウム漏洩検出器使用
放射性ガス法	シンチレーションカウンター による検出	$10^{-8} \sim 10^{-10}$	放射線漏洩検出器使用

(*1) 通常本試験方法は使用する質量分析型検出器が工業計器にくらべて信頼性にとほしく

普遍性がなくまた高価であることから広く一般には採用されてはいない。

このためとの採用にあたっては十分に諸々の注意を払う必要がある。

3. ヘリウム漏洩試験の種類

ヘリウム漏洩試験の種類も一般の漏洩試験と同様に真空法と加圧法とに大別され加圧法には加圧積分法とスニフ法とがある。

それぞれの特長は次のとおりである。

(1)真空法

真空法は被試験体内部を真空にし、外部をヘリウム雰囲気として、内部に漏洩するヘリウムを検出する方法である。この方法はヘリウム漏洩検出器（以下「リークデテクタ」と略称）が被試験体内部と直接接続されているため、漏洩孔より漏洩するヘリウムのほぼ全量を測定対象とすることができ、最も高い検出感度が得られる。しかしながら、被試験体を真空引きすることができない場合には適用できず、また被試験体の容積および内表面積が大きい場合には、真空引きに異常に時間を要し、あるいは外部をヘリウムで覆うことが困難なため実施が難しい欠点がある。

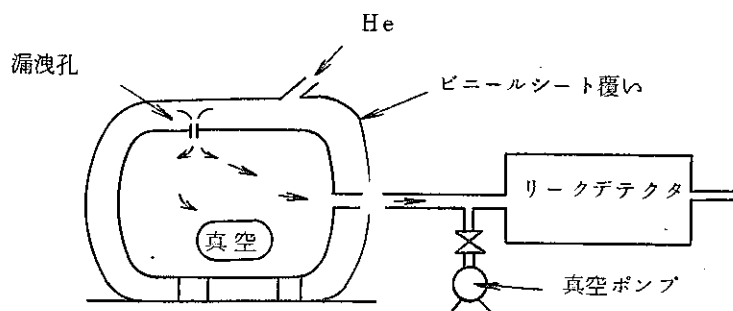


図1 真空法によるヘリウム漏洩試験

(2)加圧積分法

加圧積分法は被試験体内部をヘリウムまたは他のガスとヘリウムの混合で加圧し、外部に漏洩するヘリウムの積算量をリークデテクタにて測定する方法である。積算量は、外部を適当な方法にて覆い、任意時間放置した後ヘリウム濃度を測定することにより行なう。加

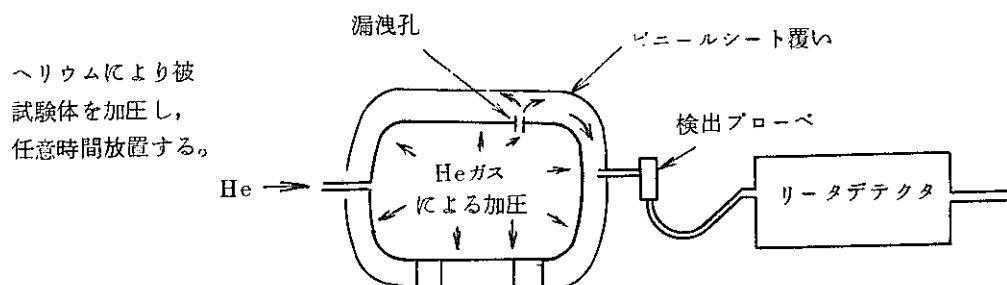


図2 加圧積分法によるヘリウム漏洩試験

圧積分法は被試験体の真空引きが可能でない場合に適用することができるが、カバー内に蓄積されたヘリウム濃度を測定することにより算定するため、検出可能なヘリウム濃度に限度がありまた漏洩したヘリウムの全量を必ずしも蓄積しておくことが困難であることから、真空法に比べ、検出感度が低下する欠点がある。

(3)スニフ法

スニフ法は加圧積分法と同様に内部加圧法であるが外部を覆わず、直接に検出プローブを外表面に当て、漏洩ヘリウムを検出する方法である。スニフ法は簡便な方法ではあるが、漏洩ヘリウムの一部を検出して、漏洩量の測定を行なうため検出感度が高くなく、また検出プローブの操作方法により検出感度が変動するなど変動要因が多いために感度の高い漏洩試験には適しない欠点がある。

各試験方法の特長は以上のとおりであって得られる最高検出感度の範囲は図3のとおりである。

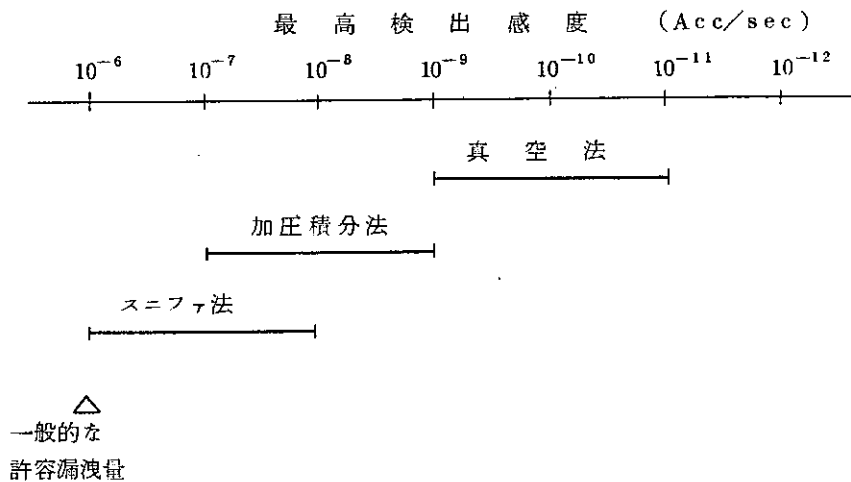


図3 各ヘリウム漏洩試験法の最高検出感度

シール構造では各種の基準がとられているが高速増殖炉の溶接部のヘリウム漏洩試験は許容漏洩量1 溶接線あたり 1×10^{-6} Acc/sec 以上を採っている。ヘリウム漏洩試験の計画にあたっては定められた許容漏洩量、予想される漏洩量並びに試験方法を考慮し、適切な方法を選定することが必要である。

4. ヘリウム漏洩試験の原理

ヘリウム漏洩試験は漏洩孔より漏出するヘリウムをリークデテクタに吸込みヘリウムの量を計測することにより、漏洩測定を行なう方法である。

4.1 ヘリウムの吸込み

媒体ガスであるヘリウムは真空法或いは加圧法の種別により、被試験体の外部或いは内部に封入される。封入されたヘリウムは、漏洩孔があれば、真空法に於いては被試験体内部からリークデテクタへ、加圧法に於いてはプローベを通してリークデテクタへ、それぞれ吸込まれる。

(図4)

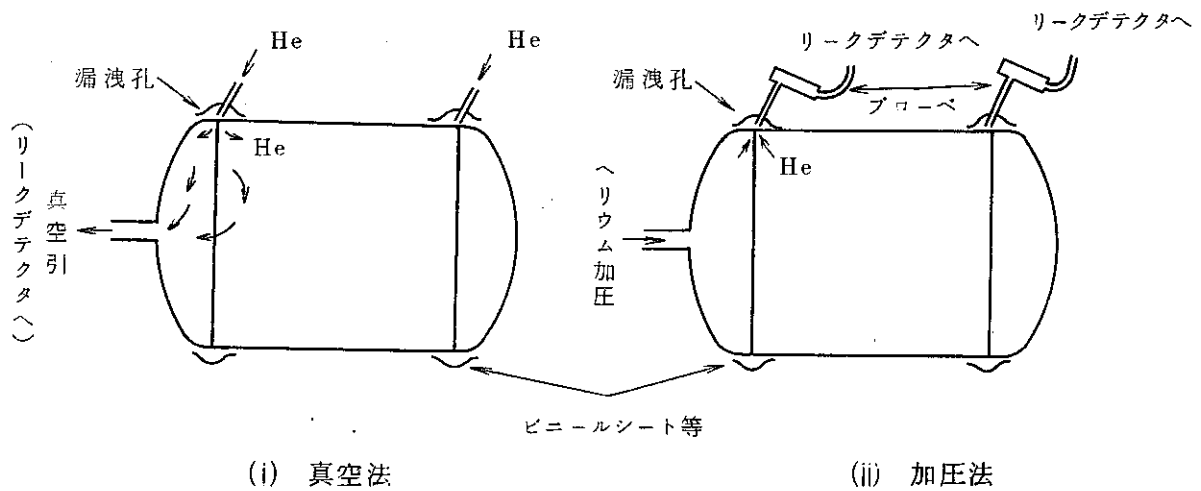


図4 ヘリウムの封入

リークデテクタは電離式質量分析器であるため、真空雰囲気にて使用する必要があり、このため加圧法で、大気雰囲気中のヘリウムを検出する場合には、絞り弁構造のプローベが用いられる。(図5)

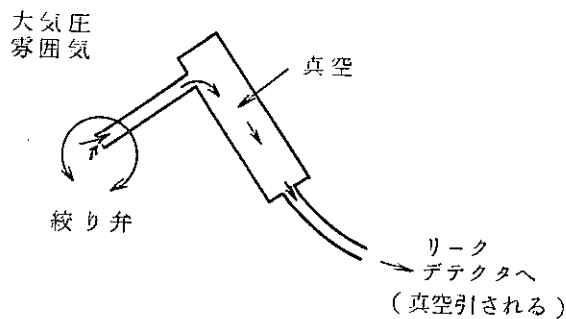


図5 プローベ構造

4.2 リークデテクタ

リークデテクタは導入されたヘリウムを電離分析する型式であり、リークデテクタ内の真空装置と電離分析装置から構成される。真空装置は油回転ポンプと拡散ポンプから成る。排気部に高真空の安定化および不純物除去のための液体窒素型 コールド・トラップが付設されている。電離分析装置は真空経路の一部に設けられ、ヘリウムガスの電離部と分析部とから成っている。

図6にリークデテクタの装置概念図を示す。

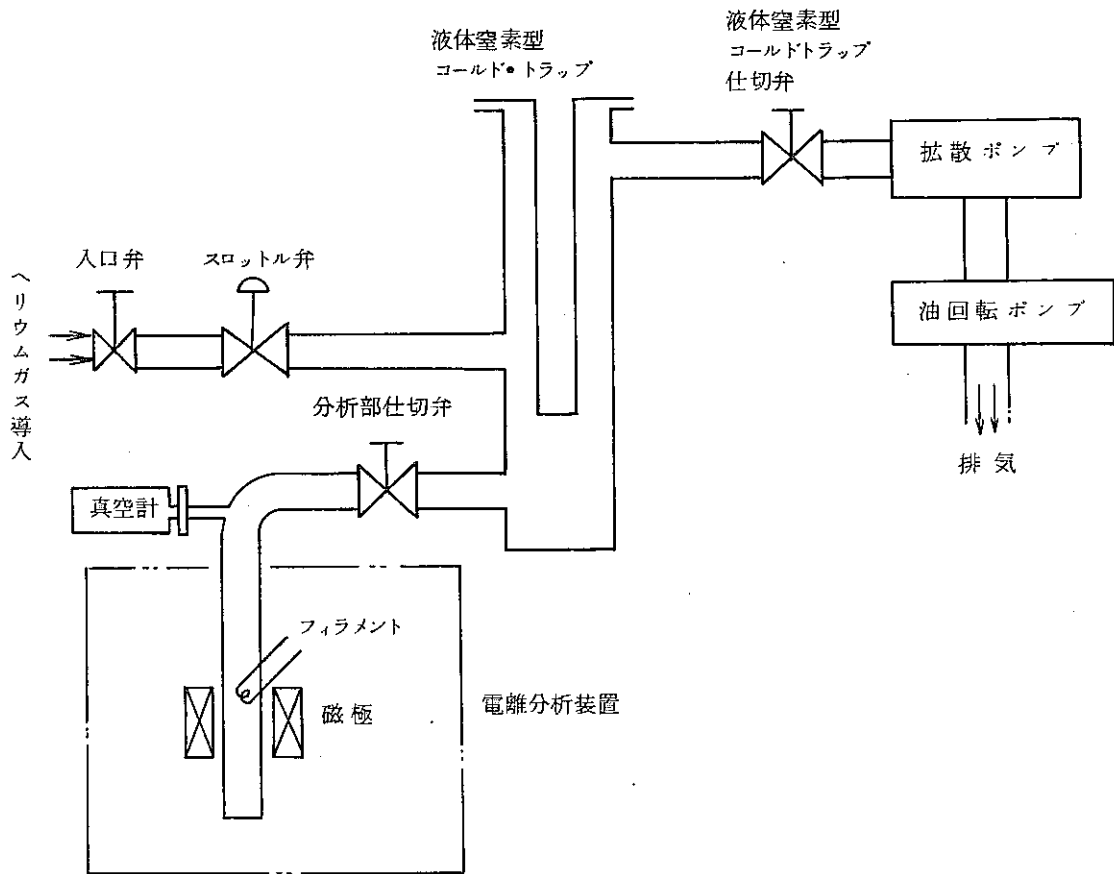


図6 リークデテクタ概念図

吸込まれたヘリウムは油回転ポンプ並びに拡散ポンプによって液体窒素型 コールド・トラップを経て排気される。ヘリウムの一部は図6に示されるように液体窒素型コールド・トラップから、フィラメント部へ拡散し、電離され、磁極部で回折されゲッターでその量を、計測される。

4.3 ヘリウムの分析、計測

リークデテクタの電離分析装置に於いて、拡散、到達したヘリウムは、フィラメントから発生する電子により電離され、加速された後、磁極部で回折されゲッターに集電される。(図7)

この時、陽イオンの回折半径 r は

$$r = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{mV}{e}}$$

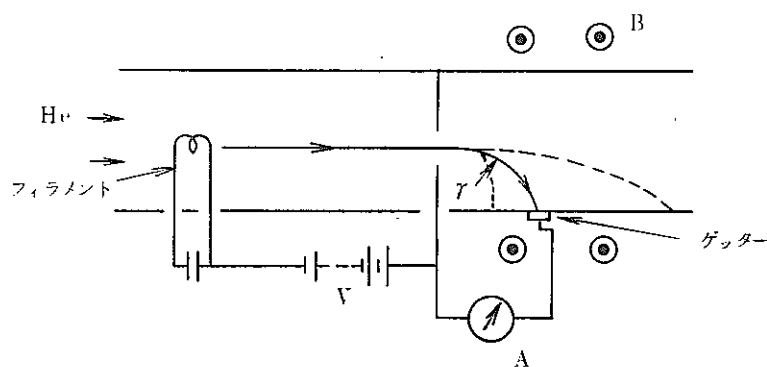


図7 ヘリウムの分析、計測

但し

- B : 磁束密度
- m : イオンの質量
- v : 加速電圧
- e : イオンの電荷

となり、質量m、即ち電離されるガス体の種別により異なった値をとるリークデテクタはヘリウムのmに相当する位置で集電を行なうように作られておりヘリウムガス量に比例した陽イオンの集電によるガス量の計測を行なう。

リークデテクタはヘリウムイオンの分離能並びに検出感度を高くするよう、加速電圧、磁束密度及びゲッターの位置が選定されている。

4.4 漏洩算定

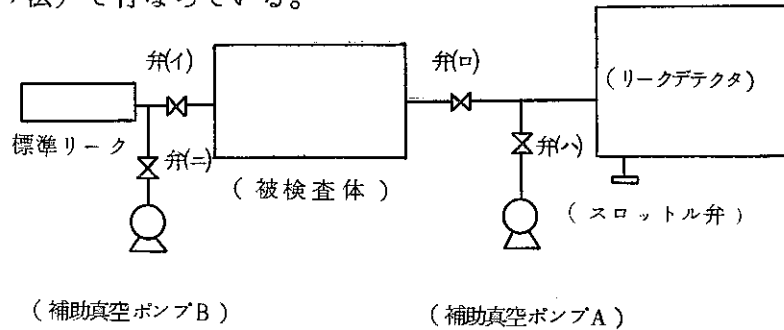
ヘリウム漏洩試験に於ける漏洩量の測定は標準漏洩発生器（以下「標準リーク」と略称）の漏れ量と被試験体の漏れ量を比較することにより行なわれる。標準リークの漏れ量の基準測定値が Q_s (Acc/sec), リークデテクタによる指示値が q_s (無名数), 被試験体の漏れ量のリークデテクタによる指示値が q_t (無名数) であるとき、被試験体の漏れ量（絶対値） Q_t (Acc/sec) は次のように算出される。

$$Q_t = \frac{q_t}{q_s} Q_s \quad (\text{Acc/sec})$$

5. ヘリウム漏洩試験方法

(1) 真空法によるヘリウム漏洩試験

ヘリウム漏洩試験のなかで真空法は最も検出感度が高いため常陽の機器等は真空法で行なうことを原則としているが、なんらかの理由で真空法で行なうことが困難なものについては加圧法（積分法，スニファ法）で行なっている。



上図のように、標準リーク、被検査体、真空ポンプ、リークデテクタを接続し次に述べる順序にて試験を行なう。

(i) 補助真空ポンプAによる真空引（通常1ℓ以上の大物にのみ使用）

スロットル弁、弁(I)を閉、弁(III)弁(IV)を開にして、補助真空ポンプAにて真空引きを行なう。必要に応じて補助真空ポンプBも使用する。

(ii) リークデテクタの真空引

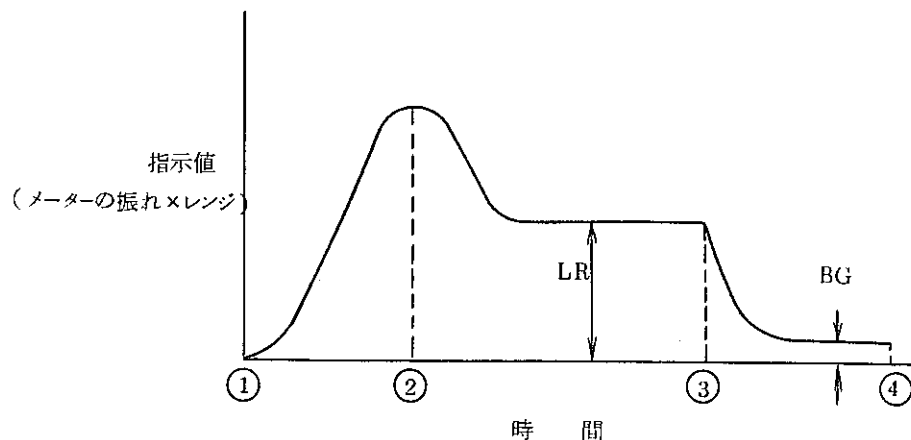
(i)と併行してリークデテクタの真空引きを行ないコールドトラップ内に液体窒素を入れる。

(iii) リークデテクタの接続

被検査体、リークデテクタ共に所定の真空度まで排気されてからスロットル弁を除々に開にしてリークデテクタに付属している真空計の真空度が 10^{-4} mmHgより良くなるまで真空引きを行なう。このとき弁(IV)は開または閉のいずれかとする。

(iv) リークデテクタの感度校正

(iii)の状態から弁(I)を開にし、リークデテクタの感度校正を下記により行なう。



- ① 0点調整後弁(i)を開にする。
- ② 標準リーク内に蓄積されていたヘリウムがリークデテクタに到達するまでの時間を測定し、検査時カバー内にヘリウムを封入してからの放置時間を決定する。但し標準リークをリークデテクタの近くに接続し感度較正を行なったときは、リークデテクタから最も遠い位置に漏洩があったとき応答時間は、この時間より長くなるため放置時間はこの時間より長くする。
- ③ リークデテクタのリークレイトメータ（以下「メータ」と略称）の指示値が安定した状態で指示値を測定する。
- ④ 弁(i)を閉にしメータの指示値が安定するまで指示値/時間の曲線をとって安定したら指示値を測定する。

前に述べた方法にて測定した値でリークデテクタの最高検出感度およびリークデテクタの感度を下記式より算出する。

$$\text{最高検出感度} = \frac{SL}{LR - BG} \times R \times n \quad (\text{Acc/sec})$$

但し SL: 標準リークの漏洩量

LR: 標準リーク接続時のメータの指示値

BG: バックランド指示値

R: 試験時のレンジ

n: メータの読み取り可能な最小目盛

$$\text{リークデテクタの感度} = \frac{SL}{LR - BG} \quad (\text{Acc/sec})$$

リークデテクタの感度はレンジ1 (R = 1) メータの読み取り可能な最小目盛1 (n = 1) に相当する。

(V) 被検査体の漏洩試験

- ① 被検査体以外からの漏洩の無いことを確認する。
- ② 被検査部カバー内にヘリウム封入およびカバー内ヘリウム濃度の確認。
 - (i) カバーはたるませて取付け溶接線に注意してビニールテープ等でしっかり張りつけ、その中にヘリウムを封入してカバーが十分に膨れることを確認する。



(ii)上記(i)が困難なときカバー内のヘリウムの濃度を測定する。測定方法にはいろいろな方法があり後述の加圧積分法の方法により直接にヘリウム濃度を測定する方法、メレサガスとして酸素を用い酸素濃度計により測定する方法などがある。

酸素濃度計を用いる場合の手順は下記の通りである。

(イ)ヘリウム充填前にカバー内の酸素濃度を測定する (酸素濃度 O_1 %)

(ロ)ヘリウム充填後のカバー内の酸素濃度を測定する (酸素濃度 O_2 %)

(ハ)充填されたヘリウム濃度

$$\text{ヘリウム濃度} = \frac{O_1 - O_2}{O_2} \times 100 (\%)$$

③リークデテクタの指示値測定

ヘリウム濃度 50 % 以上になってから放置時間 (リークデテクタ感度検査時に測定したヘリウムデテクタに到達する時間以上) をおいた後、メータの指示値を測定する。

④漏洩量の算出

$$\text{漏洩量} = \frac{SL (LR' - BG')}{LR - BG} \times \frac{100}{F} \quad (\text{Acc/sec})$$

但し SL: 標準リークの漏洩量

LR: 標準リーク接続時のメータの指示値

BG: バックランドの指示値

LR': 被検査体漏洩量測定時のメータの指示値

BG': 被検査体漏洩量測定時のバックランドの指示値

F: 覆内部に封入したヘリウム濃度 (%)

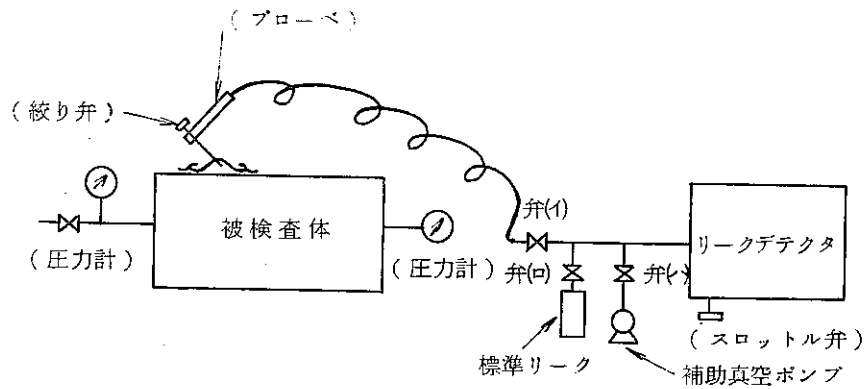
(備考) LR' と BG' の指示値が同じ場合は $(LR' - BG')$ がメータの最高検出感度以内であれば漏洩量は $\frac{SL}{LR - BG} \times R \times n \times \frac{100}{F}$ 即ち最高検出感度以内と算定する。

(V) 判定

許容漏洩量以内のとき合格とする。

(2) 加圧積分法によるヘリウム漏洩試験

常陽のナトリウム系機器等のヘリウム試験方法は、原則として、前述の真空法を採用しているが真空引に著るしく日時を要するものおよび困難なものあるいは内容積、内表面積が莫大（たとえば配管等）で標準リークを引口から最遠端に設けたとき標準リークからのヘリウムが内表面に吸着され所定の検出感度（たとえば溶接部では許容漏洩量 1×10^{-6} Acc/sec）が得られなかったり、漏洩があってもリークデテクタに到達するのに非常に長時間を要するものなどについては加圧法によるヘリウム漏洩試験を用いている。ここでは加圧積分法について述べる。

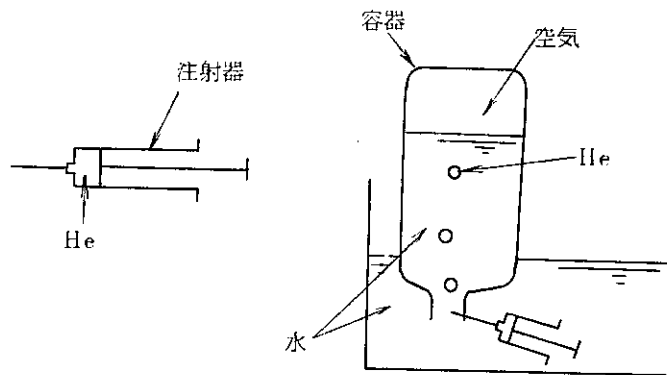


上図のように、被検査体、圧力計、プローブ、リークデテクタ、標準リーク、補助真空ポンプ（使用するときのみ）を接続し次の順序にて試験を行なう。

- (i) 補助真空ポンプによる真空引（必要なときのみ行なう）リークデテクタの真空引およびリークデテクタの接続を行ない次にリークデテクタの感度較正を行ない感度が通常の状態であることを確認する。

リークデテクタの感度較正までの手順は真空法によるヘリウム漏洩試験方法に同じであるためここでは省略する。

- (ii) 基準濃度作成



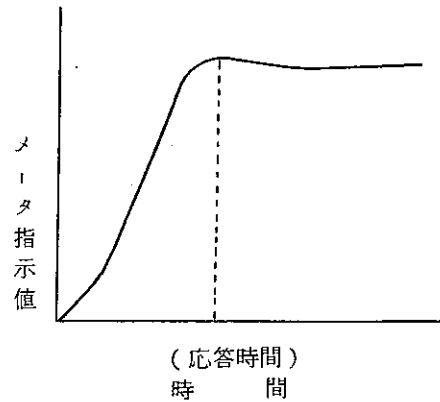
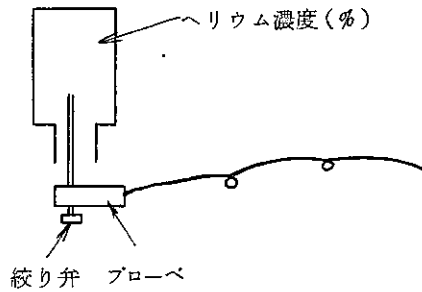
$$\text{ヘリウム濃度} = \frac{V_1}{V_1 + V_2} \times 100 \quad (\%)$$

但し

V_1 : 注射器の中のヘリウム量

V_2 : 容器の内容積

(iii) ヘリウム濃度に対する校正および最高検出濃度校正



基準ヘリウム濃度により、最高検出濃度を測定する。このときに応答時間を測定し、測定時間の妥当性を確認する。

$$\text{最高検出濃度} = \frac{H}{(K - BG)} \times R \times n$$

但し H : 基準ヘリウム濃度 (%)

K : 基準ヘリウム接続時のメータの指示値

BG : バックランド指示値

R : 試験時のレンジ

n : メータの読み取り可能な最小目盛

(iii) 被検査品の漏洩試験

①ヘリウムによって加圧

被検査体内の大気圧 (圧力 P_1) の空気をヘリウムでゲージ圧 (圧力 P_2) まで加圧したと

$$\text{封入されたヘリウム濃度 } F = \frac{P_2}{(P_1 + P_2)} \times 100 \quad (\%)$$

但し P_1 : 大気圧
 P_2 : ゲージ圧

(2) 加圧放置

試験準備されているカバー容積がVの場合、最高検出濃度のリーク量が検査できるのに必要な放置時間 E_N は次式による。

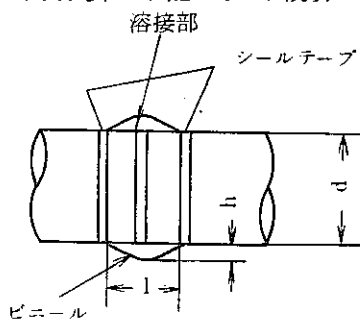
$$E_N = \frac{LV}{O} \times \frac{100}{F}$$

但し E_N : 放置時間 (sec)
 L : 最高検出濃度(%)
 V : 外覆されているカバー内容積 (cm³)
 F : 封入されたヘリウム濃度(%)
 O : 測定漏洩量 (Acc/sec)

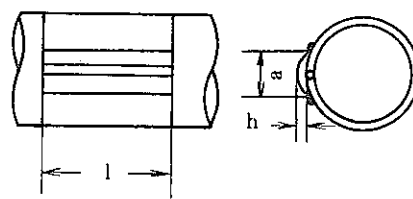
放置時間はいろいろな条件によって異なるが通常0.5~2時間程度としている。

(3) カバー内容積の算出

カバー内容積は下記の如く概算にて大きめになるように算出する。



$$V = \pi d \cdot l \cdot h$$



$$V = l \cdot a \cdot h$$

(iv) 被検査体の漏洩検査

- ① バックランド値測定
- ② 漏洩測定
- ③ メータの指示値測定
- ④ 漏洩算出

漏洩測定時間は最高検出濃度測定のとくに測定した、応答時間以上とする。

$$\text{最高検出感度} = \frac{Q \cdot V}{E_N} \quad (\text{Acc/sec})$$

$$\text{漏洩量} = \frac{Q \cdot V}{E_N} \cdot \frac{100}{F} (LR' - BG') \quad (\text{Acc/sec})$$

但し Q : 最高検出濃度 (%)

V : カバー内容積 (cm³)

F : 封入したヘリウム濃度 (%)

E_N : 放置時間 (sec)

LR' : 被検査体漏洩量測定時のメータの指示値

BG' : 被検査体漏洩量測定時のバックランド指示値

(備考) ① LR' と BG' の指示値が同じ場合は (LR' - BG') がメータの最高検出感度以内として

$$\text{漏洩量は} \frac{Q \cdot V}{E_N} \times \frac{100}{F} \times R \times n \quad (\text{Acc/sec})$$

但し n : メータの読み取り可能な最小目盛

以下とする。

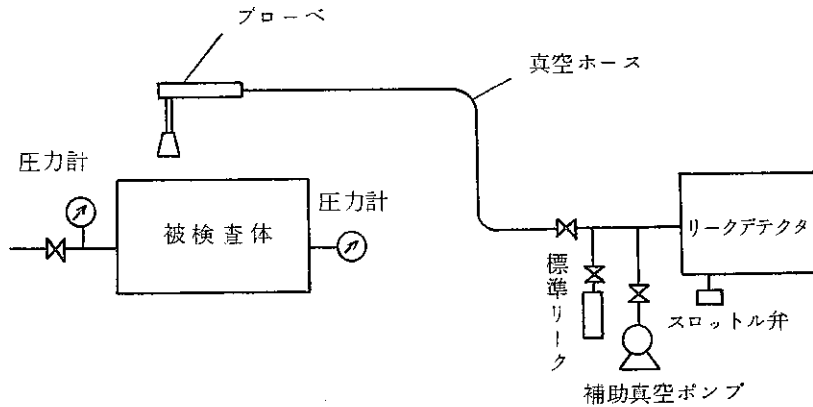
② 長時間放置の場合はカバーからの漏れを考慮し薄いビニールの場合 60 分、厚いビニールの場合 120 分として計算するのが好ましい。

(V) 判定

許容漏洩量以下のとき合格とする。

(3) 加圧スニフ法によるヘリウム漏洩試験

加圧スニフ法によるヘリウム漏洩試験はヘリウム混合ガスで加圧した被検査部にプローベを近づけリークデテクタに被検査部付近の雰囲気気を直接吸込ませメータの振れにより漏洩を検出する方法である。定量的な測定は既知の漏洩量のサンプルを被検査体と同様にヘリウム混合ガスで加圧し、これをプローベで検出したときのメータの指示値により漏洩量の算出を行なう。



上図のように被検査体、圧力計、プローベ、リークデテクタ、標準リーク補助真空ポンプを接続し次の順序にて試験を行なう。

- (i) 補助真空ポンプによる真空引（必要な場合のみ行なう）リークデテクタの真空およびリークデテクタ接続を行ない次にリークデテクタの感度較正を行ない感度が通常の状態であることを確認する。

リークデテクタの感度較正までの手順は真空法によるヘリウムの漏洩試験方法と同じであるためここでは省略する。

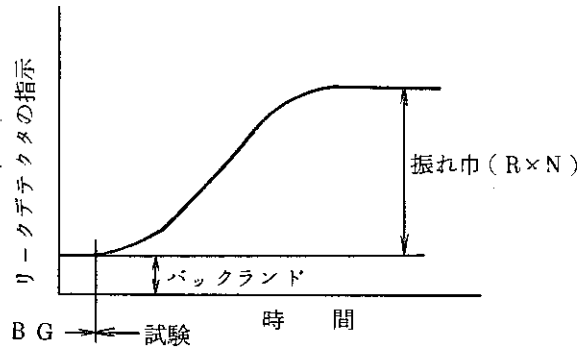
- (ii) サンプルによる最高検出感度較正

① サンプル漏洩量測定

サンプルをリークデテクタに接続して真空法でリーク量 $L \text{ Acc/sec}$ を測定する。

② サンプル漏洩による較正

サンプルに被検査体と同じヘリウム濃度、圧力の内圧を印加し検査時と同じ条件でプローベを操作してリークデテクタの指示のバックランドからの振れ巾（レンジ $R \times$ 目盛 N ）を測定する。

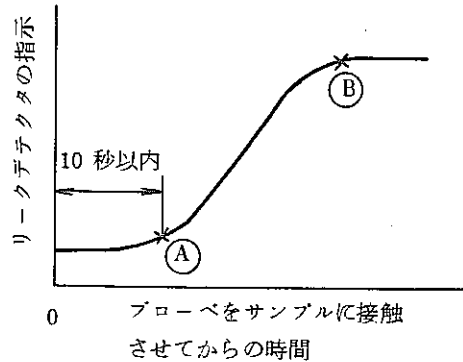


このヘリウム濃度圧力において漏洩量 $L \text{ Acc/sec}$ に相当する振れ巾を $(R \times N)$ とする。

(注) プローブの操作状態とリークデテクタの指示の関係

校正に先立って下記(i)~(iii)をチェックし試験状態が確実であることを確認しておく必要がある。

図 8



(i) 校正の際にはプローブを静止しフード先端を被検査部に軽く接触させて行なう。

(ii) 応答時間は図 8 の(A)点であって、10秒以内程度になるように調整する。プローブを移動させながら測定する時に指示が動いた場合に漏洩検出か否かを判定するために用いる。

(iii) 振れ巾 $(R \times N)$ 指示がほぼ立ち上がるまでの時間 (1~3分) 後における指示値

(B) から BG を差引いた値とする。更に時間を置くと指示値が更に大きくなり振れ巾も大きくとれるが振れ巾が小さい方が漏洩量は大きく算出されるので検査としては安全側となる。したがって時間を導入して指示値を定めて支障ない。

③ プローブ 静止・間隔空け

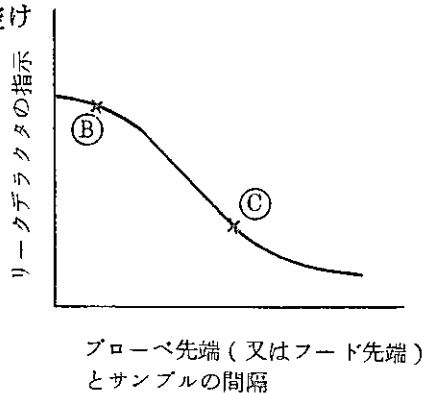


図 9

図 8 の(B)点においてプローブ先端 (又はフード先端) とサンプルの間隔を広くして

但し n : メータの読み取り可能な最小目盛
即ち最高検出感度以下とする。

(V) 判定基準

許容漏洩量以下のとき合格とする。

6 ヘリウム漏洩試験の注意事項

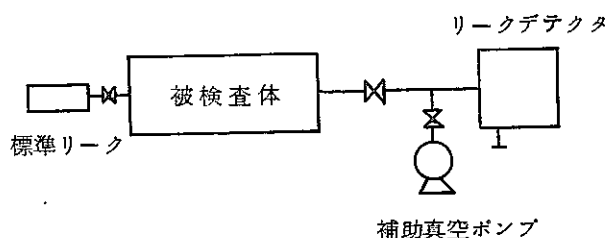
(1) ヘリウム漏洩試験共通注意事項

- (i) ヘリウム漏洩試験は他の漏洩試験に比べ高感度で試験出来る利点はあるがその反面リークデテクタは工業計器に比べて信頼性が低い欠点がある。
ヘリウム漏洩試験にあたってはこの点を留意しなければならない。
- (ii) メータの最小読み巾はリークデテクタの指示計の最小目盛巾（一般のリークデテクタのメータでは2）の $\frac{1}{2}$ とする。たとえば試験レンジを×5で行なうと最小読み取り巾は $5 \times (2 \times \frac{1}{2}) = 5$ となる。
したがって×1, ×3のレンジで行なったときは最高検出感度を上げることとなりこのとき×5と同程度の精度で試験することは×1のレンジであれば5目盛, ×3のレンジであれば約2目盛指示計が振れてもそれは×5での測定誤差に入ることとなる。
- (iii) 試験を行なっている際にリークデテクタの特性から0点変動がある場合がある全目盛の5%/hrをこすような変動がある場合は1時間毎に較正を行なう必要がある。
- (iv) リークデテクタの古いものおよび長い間使用していなかったものなどはリークデテクタ自身の整備点検を試験に入る前に行なう。
- (v) リークデテクタのスイッチ投入後1時間以内は試験開始は避ける。
- (vi) リークデテクタ内に設置されている分析管の容量は一般的に小さいので大量のヘリウムをリークデテクタに流すことは避ける。
- (vii) リークデテクタの較正は試験の前後で実施し検出感度の悪い方の値をとること。
- (viii) 試験前に被検査体以外からの漏れが無いことを確認する。
- (ix) 試験場は通風のよいところで行なう。
- (x) 試験中に電圧変動をあたえるものおよび騒音等を発生するものを使用しない。
- (xi) リークデテクタに振動をあたえてはならない。

(2) 真空法における注意事項

- (i) 真空法では本来ならば試験前に標準リークによる較正を行なうべきであるが物によっては、較正に長時間を要する場合がある。かかる場合はあらかじめリークデテクタに標準リークを直接接続し最高検出感度応答時間に目安をつけておき次いでヘリウム漏洩試験を行ない最後に上記の標準リークを所定の場所に取りつけ較正を行なってもよい。
- (ii) リークデテクタ内に設置されている真空ポンプの容量が小さいので被検査体が1ℓ以上の大物に対してはそれに応じた真空ポンプを併置し真空上昇を早めるようにする。
- (iii) リークデテクタの感度較正に1時間以上要する場合にはリークデテクタの安定性の問題

があるので下記のいずれか一方または併用するのが好ましい。



- ①補助真空ポンプを併用しながら感度較正を行なう。これを行なったものは試験も同一条件にて行なう。
 - ②補助真空ポンプにて1～5分程度標準リークに蓄積されたヘリウムを放出したのち感度較正に入る。
- (iv) 真空ラインは溶接構造にするのが好ましいがやむをえない場合は下記の方法によるのが好ましい。
- ①ビニール管の方がゴム管よりヘリウムの付着率が悪いのでできる限りビニール管を使用する方が好ましいがビニール管は低温時に割れが入る恐れがあるので注意すること。
 - ②ビニール管と鋼管の接続およびパッキン使用部には必ず真空グリスを使用すること。さらにその周囲に真空パテを塗布することが好ましい。
 - ③被検査体とリークデテクタ（補助真空ポンプも含む）の間に仕切壁を設ける。建家を利用してその内外に設置するのも一つの方法である。
- (v) 試験中なんらかの理由でバックランドが高くなったために真空破壊する時は試験場雰囲気にもヘリウムが漏れている可能性があるのでエアページをしたのち被検査体の真空破壊を行なう。
- (vi) ヘリウム濃度は試験に影響しない範囲で落しても支障ない。但し補助真空ポンプを併用している場合は高濃度で行なう。

(3) 加圧法における注意事項

- (i) プローベの差込みには十分注意すること。
 - ①プローベを差込むときはすばやく行なうこと。
 - ②プローベの差込みの際絞り弁を動かさないこと。
- (ii) ヘリウム濃度は試験に影響しない程度に落しても支障はない。
- (iii) 加圧積分法で試験をするときに雰囲気バックランドが高いときにビニール張りは行わないこと。またヘリウムを雰囲気に一度漏らした後のビニール張りは被検査部のところにヘリウムが付着している場合があるので注意する。
- (iv) ビニールホースは余裕をもった長さにしておくこと。

- (V) 試験場にヘリウムを漏らした場合は十分にエアページを行ないバックランドを定時間毎に測定し、バックランドが安定するまでエアページを行なう。安定したらプローベを移動し、場所によってバックランドが変わらないことを確認する。
- (VI) スニフ法で試験を行なう際はプローベを軽く接触させ被検査部に沿ってプローベをゆるやかに（約 5mm/sec）移動しながらリークデテクタの指示を連続的に測定する。指示に変動が認められれば一旦停止し若干後退した位置から準静的にプローベを操作し指示の変化の様相を確認する。

7. 参考資料

(1) ヘリウム漏洩試験の失敗例

(i) リークデテクタの故障または不具合

例 1

〔現象〕

リークデテクタを使用しバックランドを測定していたところ1～2目盛/分で10～100位まで上昇を続けバックランドの安定がみられなかったので試験に入れなかった。

〔原因および対策〕

リークデテクタ内部に組込まれている分析管のうちのダイアトロンが古くなったか故障をおこしたのかどとらかであった即ちリークデテクタ自身の故障である。

リークデテクタを長く使用している場合かしばらく使用していない場合リークデテクタ自身の前検査が必要である。

例 2

〔現象〕

リークデテクタを使用し電源投入2時間位から漏洩試験に入っていたところバックランドが5～10盛/時間位で上昇したためバックランドの補正をしながら試験を継続した。

(注) 真空法では1回の試験が短時間であり図3、各ヘリウム漏洩試験法の最高検出感度に示すように精度が高いため数量的精度を問わなければ許容漏洩量以下であることの判定には支障ないのでこのようなリークデテクタの使用は可能であるが加圧積分法および加圧スニファ法は測定時間を要するためこのような使用方法は困難である。

〔原因および対策〕

リークデテクタの温度上昇によるダイアトロン等の特性の変化によるメータの振れによるダイアトロン自身の特性が悪いためこのような傾向をもつことが多い。

例 3

〔現象〕

リークデテクタを使用し電源投入後30分位から漏洩試験に入ったところリークデテクタの読みが徐々に下り(バックランドの低下と思われる)漏洩量マイナスという結果を得た。

〔原因および対策〕

被検査体の真空度が上がるに従がいバックランド指示値は徐々に低下する傾向をもっているためメータの指示値が変化した。またダイアトロンは初期温度上昇時は特性が大巾に変化する異常バックランドの指示値が温度上昇に従がい低下する傾向を持っている。一般にある程度温度上昇後は例2の場合に引き継がれる傾向をもっている即ちスイッチ投入後1時間以内はリークデテクタの安定に必要なため測定開始は避けるべきである。

例4

〔現象〕

リークデテクタを使用し漏洩試験中漏洩があり10.000目盛以上の読みが2～3時間継続後バックランドが予想値まで低下せず試験に入れなかった（バックランドが高いと指示値のふらつきが大きく、また標準リーク測定時の指示値に対するバックランドの指示値の割合が大きく測定精度が悪くなる）

〔原因および対策〕

分析管が汚れたためである。一般に分析管の容量が小さいため、このような場合、取替える必要がある。高指示がある場合はリークデテクタへのスロットル弁を閉とし分析管にヘリウムを流さないよう配慮する。

(ii) 真空法による失敗例

例1

〔現象〕

検査体を真空法にて試験を開始し、ヘリウムをカバー内に封入しオーバーフローする分を風胴で引いて工場外へ排気した。数分後メータが大きく振れバックランドの2倍の値におちついたがメータの指示値が不安定であった。

〔原因および対策〕

ヘリウムをカバー内に封入したときカバーシール部より漏洩があり真空ポンプのメカニカルブースタポンプのメカニカルシール部からヘリウムを吹込みシールオイルがヘリウムを吸着、脱着しバックランドを高くした。

このため真空ポンプセット全面をビニールシートで包み工場空気を内部に吸込み外へ吹きだす事によりヘリウムがポンプセット内に入る事を防止した。

例2

〔現象〕

検査体を真空ポンプにて真空引きを開始したが真空度が上がらなかった。

〔原因および対策〕

検査体と真空ポンプとを接続する部分に漏洩があったために真空度が上がらなかったこの漏洩はかりうじてセッケン水でも確認できる程度の漏洩であった。

例 3

〔現象〕

検査体のカバー内にヘリウムを封入し試験を開始したところメータの指示値が徐々に増大した（急激に増大したこともある）

〔原因および対策〕

ヘリウムポンプについている圧力計等および弁からヘリウムが漏洩し雰囲気ヘリウム濃度が増大しリークデテクタより試験場内に拡散しているヘリウムが浸入しメータの指示値を徐々に増大させた。またヘリウムをカバー内に封入したときカバーシール部より漏洩したヘリウムが検査体とリークデテクタを接続している部分から浸入し急激にメータの指示値を増大させた。

不具合の原因として被検査体以外からの漏洩が多く試験にも多大の影響があるために試験に入る前に必ず前検査として被検査体以外の漏洩を確認することとする。

また試験場所は通風のよいところで行なうこととした。

例 4

〔現象〕

検査体とリークデテクタとの接続をシールパッキンで行なって試験をしたところ数分後メータの指示値が増大し、その結果 $10^{-9} \sim 10^{-8}$ Acc/sec という結果であった。このときの感度応答時間は 2～5 秒であった。

〔原因および対策〕

溶接部からの漏洩であれば感度応答時間の 2～5 秒であるので溶接部以外の漏洩であることは間違いなく多分シールパッキン面からの漏洩と考えられた。

接続部を溶接することの可能なものは溶接にし不可能なものについては、シールパッキンを新しいものに変えることとカバーを小さくすることでパッキン部からヘリウムが浸入することを防止した。

例 5

〔現象〕

検査体に標準リークを流したところ安定するのに 2～3 時間要した標準リーク閉後 3 時間経過後もバックランド値近くに戻らなかったため試験に入れなかった。

〔原因および対策〕

被検査体の内表面が大であるために標準リークを行なったとき内表面に付着したヘ

リウムを全部取りきるには時間を要し、なかなかバックランド値近くに戻らないことがある。

したがって標準リーク前にバックランド値近くまで戻らない場合でも下記の条件を満足すればこのまま試験に入っても問題は無いと判定した。

$$\text{最高検出感度} = \frac{SL}{LR - BG} \times R \times n \quad (\text{Acc/sec})$$

SL：標準リークの漏洩量

LR：標準リーク接続時のメータの指示値

BG：バックランド指示値

R：試験時のレンジ

n：メータの最高読み取り可能な最小目盛

上記において

- ① $LR > 2BG$ であること
- ② 最高検出感度 $10^{-9} \sim 10^{-10}$ Acc/sec であること
- ③ 5～10目盛/時間程度のバックランドの変化であること

(iii) 加圧積分法による失敗例

例1

[現象]

検査体内にヘリウムを封入したところバックランドが増大した。

[原因および対策]

検査体をシールしている所およびヘリウム供給側からヘリウムが漏洩しバックランドを増大させた。

ヘリウムを雰囲気中に拡散させると物体の表面およびすきまなどのヘリウムを取り去ることは非常に困難なため試験前に漏れの無いことを十分にチェックする。またチェックするときの圧力は 0.1 kg/cm^2 程度で行なう。

例2

[現象]

検査体を試験したところ1～2目盛振れたのちバックランドに戻った。

[原因および対策]

検査部にヘリウムが付着していたためプローベをカバー内に入れたとき振れたものと考えられた。しかし検査部の漏洩で無いと断定できないため再試験を行なった。

例3

〔現象〕

検査体を測定しようとし検査部近くにプローベを移動したところバックランドが増大した。そこでプローベを移動させて、いろいろなところのバックランドを測定したところ場所によって異なっていた。

〔原因および対策〕

例1などにより雰囲気中に拡散したヘリウムが場所によって残っているためにバックランド指示値が異なった。雰囲気にヘリウムが漏洩したら換気を行ない、各所のバックランド値測定を行ない試験に影響のないことを確認し試験に入るようにした。

(iv) 加圧スニフ法による失敗例

例1 サンプルリークの不良

〔現象〕

当初の漏洩量が 2×10^{-6} Acc/secであったが使用する度に漏洩量が減少し、約2週間後に漏洩がリークデテクタの検出感度以下になった。また当初の漏洩量が 5×10^{-6} Acc/secであったが断続的に2ヶ月使用したところ漏洩量が著るしく低下した。

〔原因および対策〕

サンプルは15φ鋼管の一端をつぶしてハンダ付にて密封しヤスリで切込みを入れて漏洩を生じさせたものでこのハンダが銅母材をマイクロに腐食したことにより微小隙間の境界面の状態が変わり隙間が目詰りとなったことおよび微小ゴミの付着と考えられた。また後記については12φの軟鋼棒の一端から8φの穴を通し寸前まで明け他端から0.8φドリルを立て加工時のムシレにより微小クラックを生じさせたもので発錆による目詰りと考えられた。これは材質をステンレスに変更し微小隙間は溶接クラック(太径のアーキ溶接棒により断続溶接し溶接直後に水中に投入し、ぬれたまま溶接)により形式使用前後にアセントで洗浄することにより使用に耐えるものを得ることが出来た。

例2 作業の不良

〔現象〕

サンプルで較正が完了してサンプルを取外す際に検査場所近くでサンプルを引抜き盲栓とさしかえたため空気中にヘリウムを放出し、雰囲気のバックランドを異常に高めた。

〔原因および対策〕

サンプルの交換作業は戸外まで引き出して行なうこととした。

例3 測定不良

〔現象〕

検査体をヘリウムにて加圧したところヘリウムが漏洩し雰囲気バックランドを異常に高めた。

〔原因および対策〕

仮蓋をアラルダイトで接着したところ乾燥時間不足のため内圧を印加したときにアラルダイトにクラックを生じたまた検査場所近くに設置してあったヘリウムポンベの減圧弁付近からヘリウムが漏洩してバックランドを異常に高めた。

仮設については十分にシールを完全にすると共にヘリウムポンベ等は検査場所から離しビニールシートのカーテンで仕切り扇風機でブローしてヘリウムの追出しを企った。

(2) 試験結果例および試験記録用紙例

(i) 真空法に関する試験結果

添付図1 標準リークによるメータの指示値の例

(ii) 加圧積分法に関する試験結果

添付図2 ビニールホース長さを変えた場合の比較例

添付図3 プローブの絞りを変えた場合の比較例

(iii) 加圧スニファ法に関する試験結果

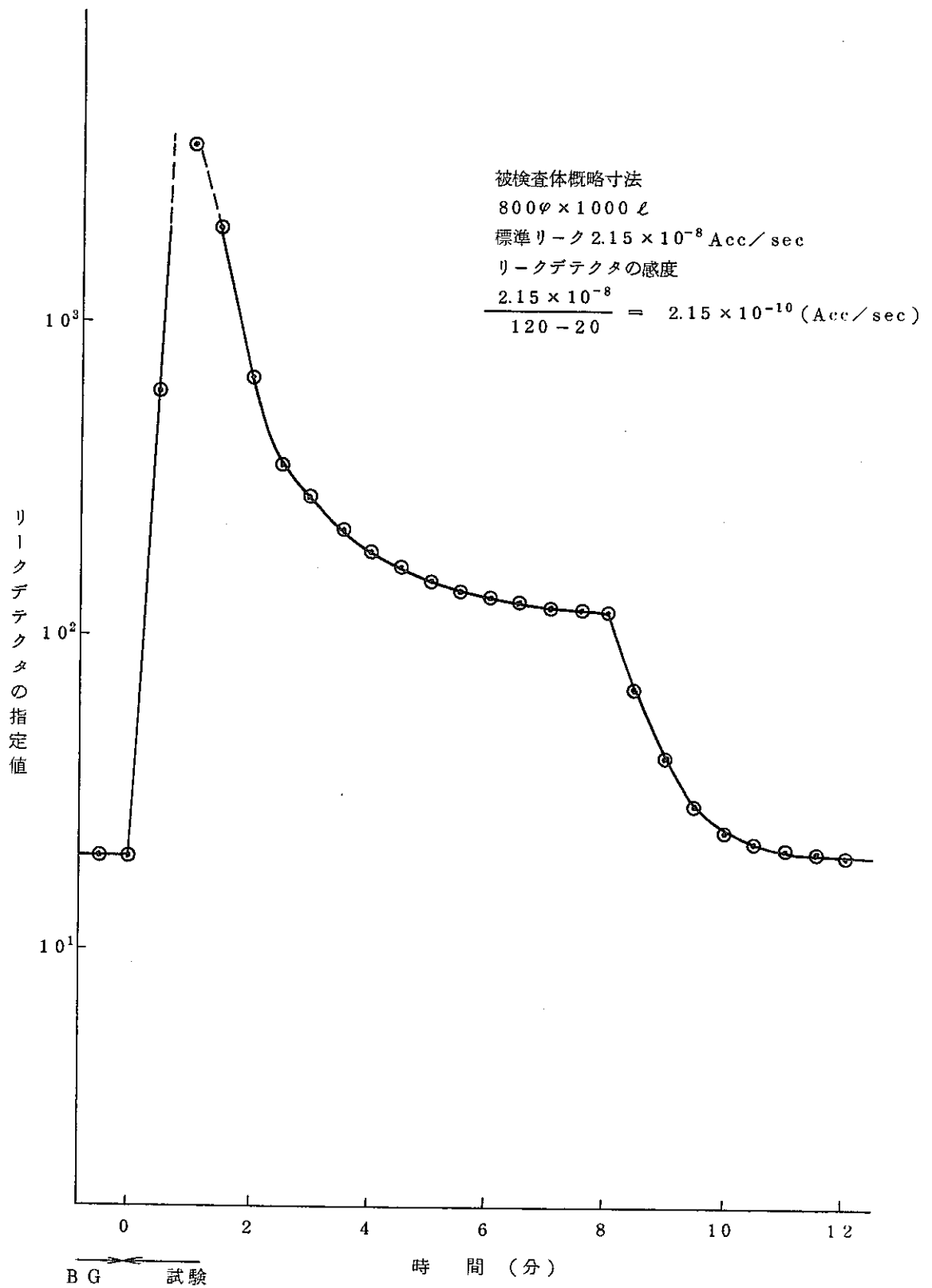
添付図4 サンプルのリーク量を変えた場合の比較例

添付図5 プローブとサンプルの距離を変えた場合の比較例

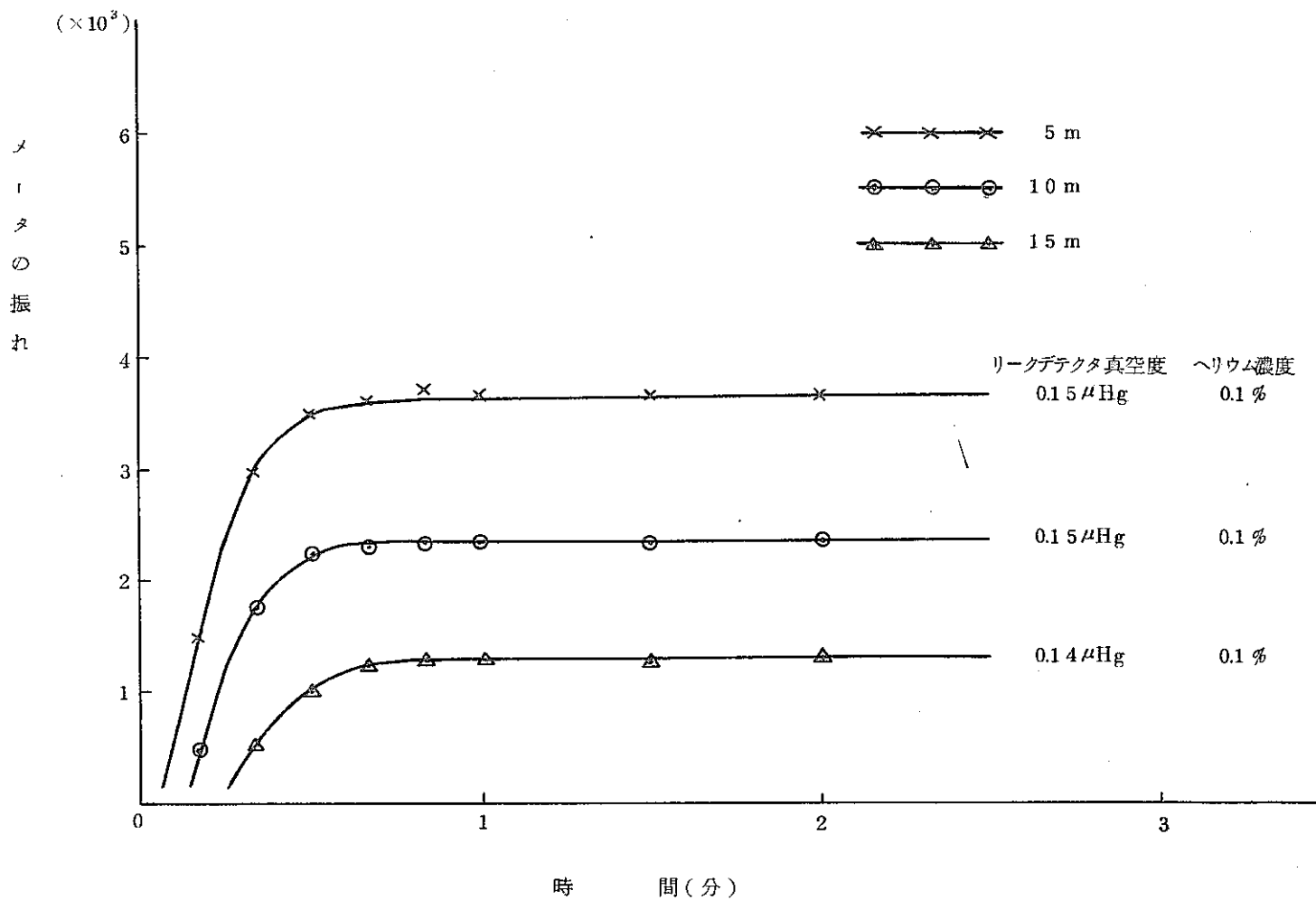
(iv) 試験記録用紙例

添付図6 ヘリウム漏洩試験成績書の用紙例

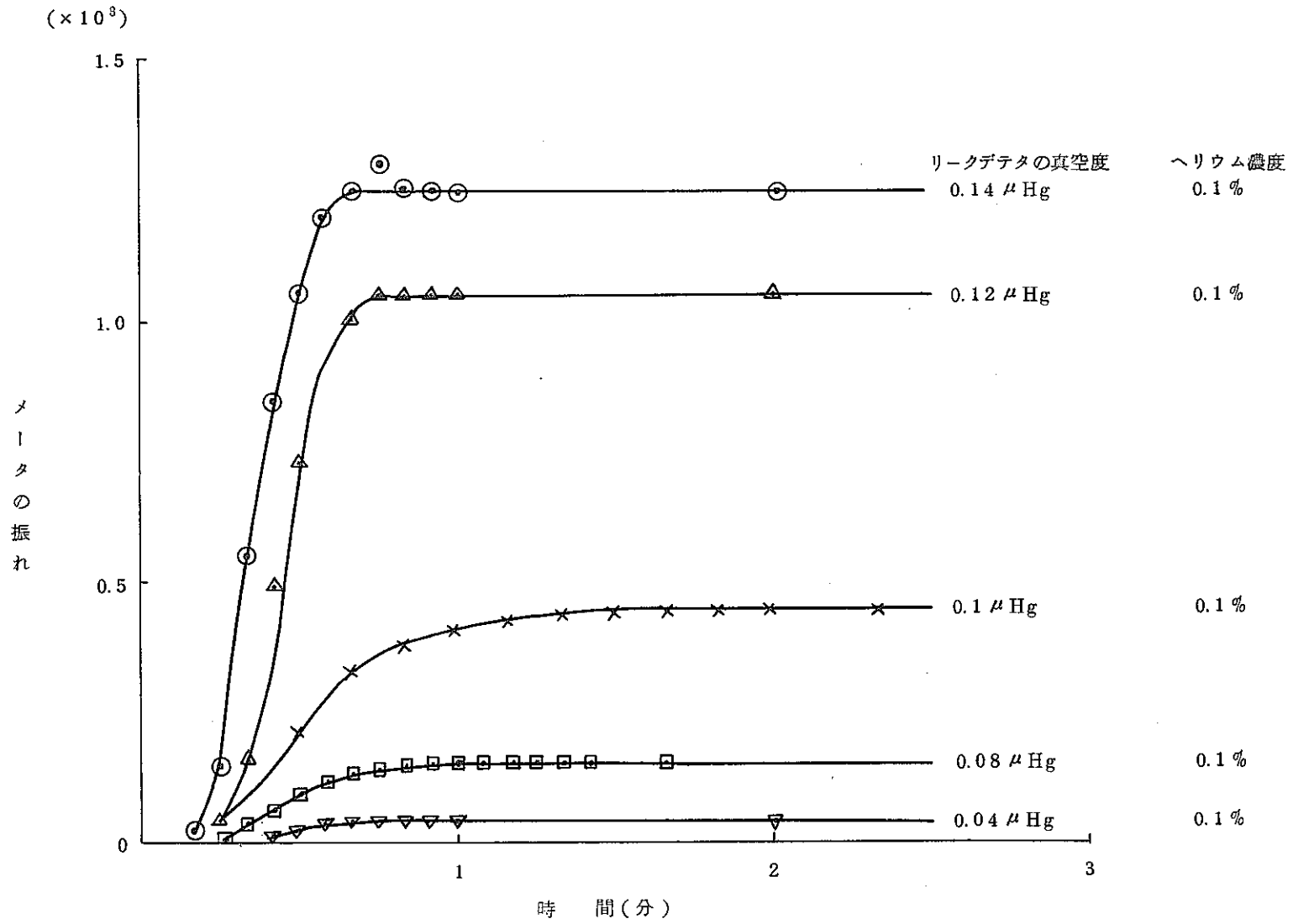
添付図7 ヘリウム漏洩試験記録の用紙例



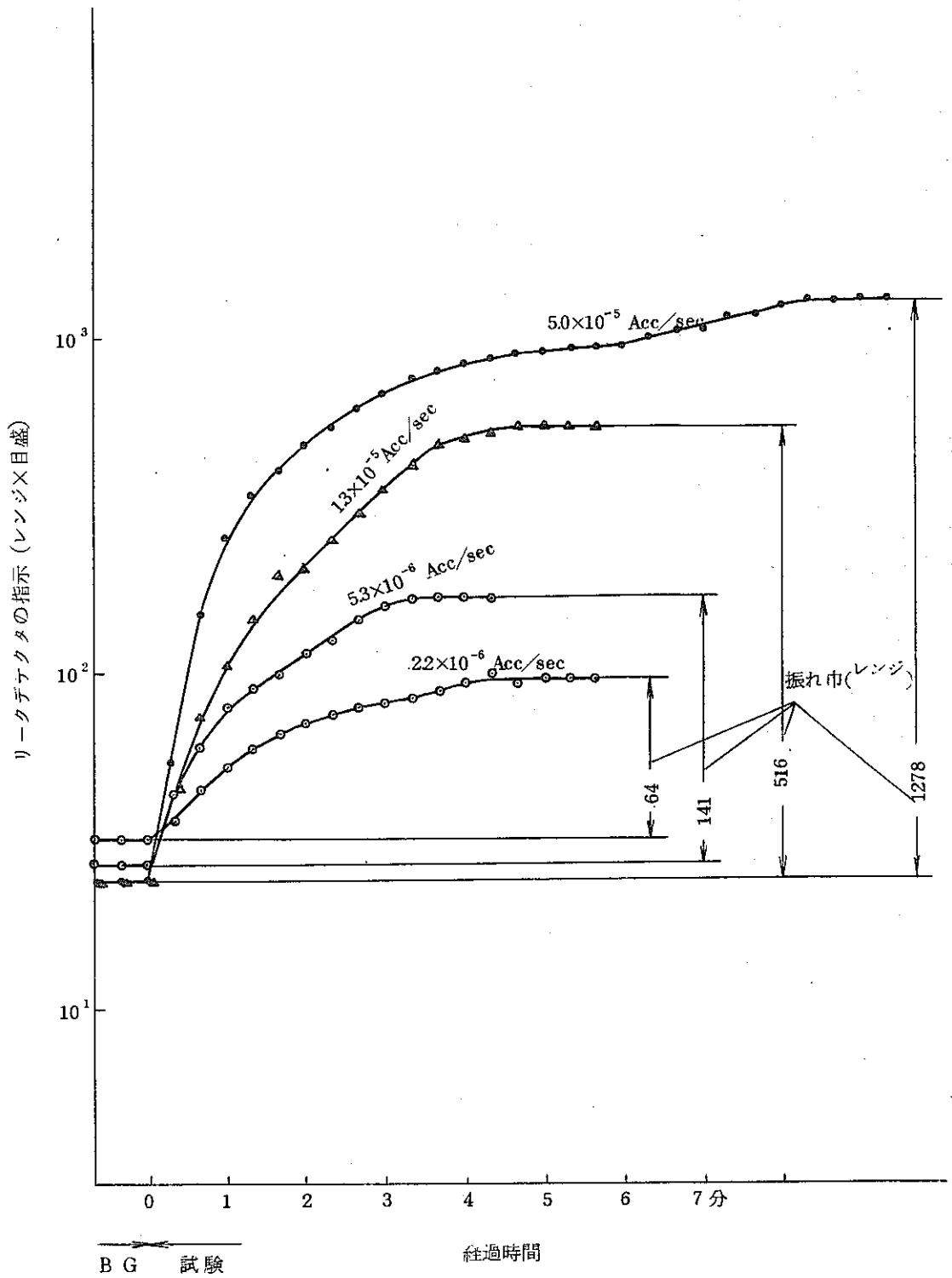
添付図1 標準リークによるメータの指示値の例



添付図3 ビニールホース長さを変えた場合の比較例

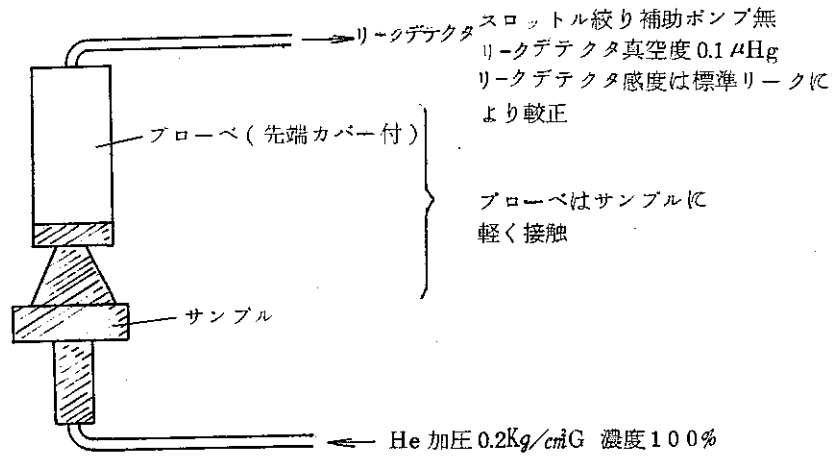


添付図3 プロベの絞りを変えた場合(1.5mホース使用)の比較例



添付図4 サンプルのリーク量を変えた場合の比較例

添付図4 付記



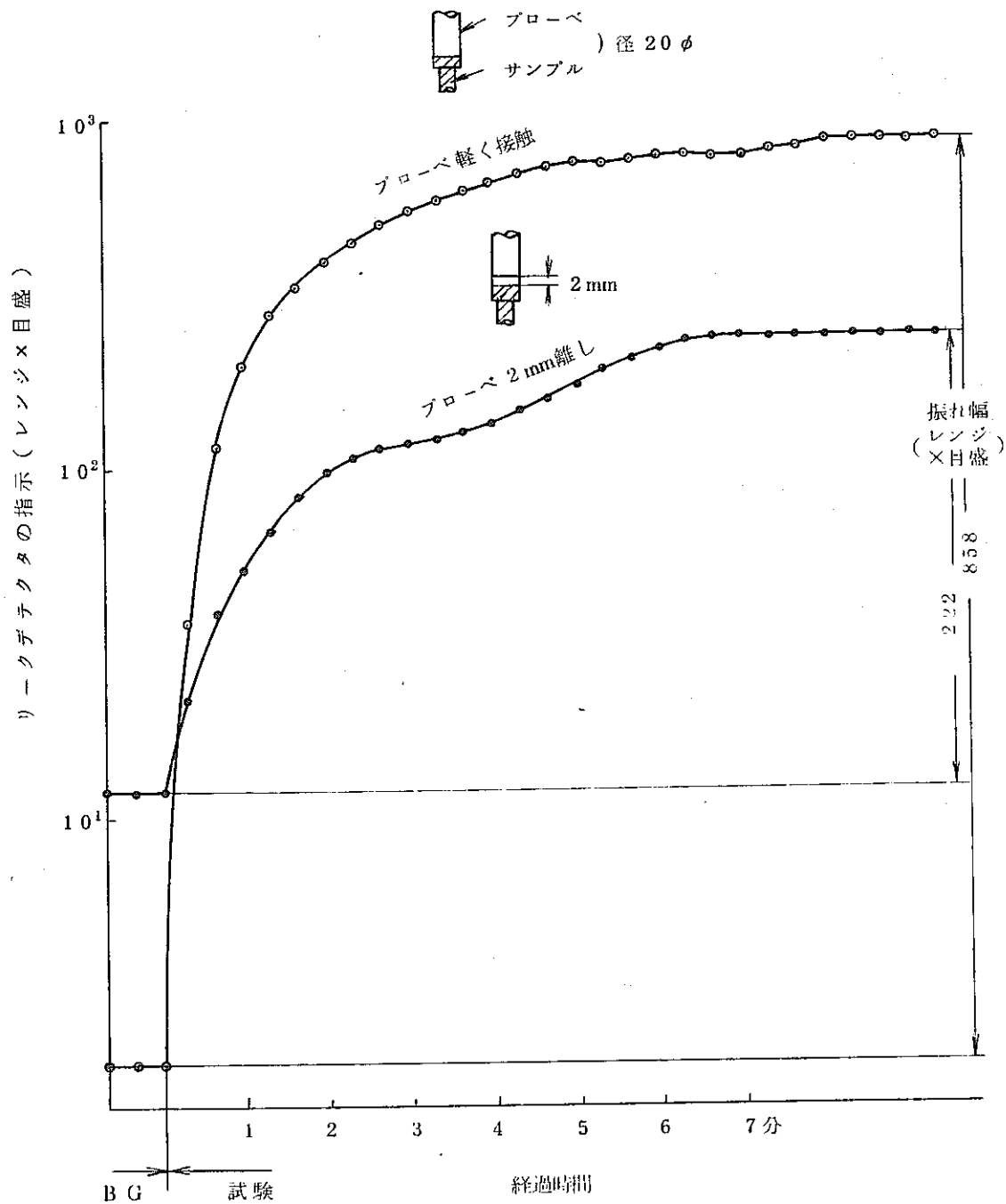
各リーク量のデータを整理すると下記の通りとなる。

サンプルのリーク量 (Acc/sec)	振れ巾 (指示-B G)	リーク量 1×10^{-6} Acc/sec に対する振れ巾	リークデテクタ感度 (Acc/sec/div)
5.0×10^{-5}	1278	$1278 \times \frac{1 \times 10^{-6}}{5.0 \times 10^{-5}} = 26$	3.2×10^{-10}
1.3×10^{-5}	516	$516 \times \frac{1 \times 10^{-6}}{1.3 \times 10^{-5}} = 39$	1.7×10^{-10}
5.3×10^{-6}	141	$141 \times \frac{1 \times 10^{-6}}{5.3 \times 10^{-6}} = 27$	3.4×10^{-10}
2.2×10^{-6}	64	$64 \times \frac{1 \times 10^{-6}}{2.2 \times 10^{-6}} = 29$	3.7×10^{-10}

(1) 基準リーク量 1×10^{-6} Acc/sec に対する振れ巾は、リークデテクタ感度が同程度ならば再現性を有して、ほぼ同じ値となる。

(2) リークデテクタ感度が良好であれば振れ巾は大きくなる。

サンプル 1.4×10^{-6} Acc/sec He加圧 $0.2 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$ 濃度 100%
 デテクタ感度 1.1×10^{-10} Acc/sec/dev



添付図5 プローベとサンプルの距離を変えた場合の比較例

ヘリウム漏洩試験記録

プラント名		顧 客	
品 名		検 査 官	
試 験 場 所		試験年月日	

測定項目	測定時間	通過時間 (分)	指 示		真空度	指 示 値
			指示	レンジ		

添付図7 ヘリウム漏洩試験記録用紙例