

JAERI-M

9 0 8 9

トリチウム・ガスに対する円筒形  
電離箱の校正

1980年9月

吉田 真・千田 徹・備後一義  
川崎克也・三原 明・岩田幸生

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

トリチウム・ガスに対する円筒形電離箱の校正

日本原子力研究所東海研究所保健物理部

吉田 真・千田 徹・備後 一義

川崎 克也・三原 明・岩田 幸生

(1980年8月25日受理)

内容積 $1480\text{ cm}^3$ のステンレス製円筒形電離箱の出力電離電流値とトリチウム・ガス濃度の対応を校正した。校正に際し (1)あらかじめ校正されたガラス製球形電離箱( $1260\text{ cm}^3$ )と比較する方法, および(2)トリチウム・ガス標準線源を用いる方法の二つの方法を採用した。

測定結果から導かれた電離効率は, ガラス製球形電離箱と比較した場合で $1.00$ , トリチウム・ガス標準線源を用いた場合で $0.94$ となった。実験誤差(4%)を考慮すると, 電離効率を $1.0$ として良いものと考えられる。

Calibration of a cylindrical ionization chamber  
for tritium gas

Makoto YOSHIDA, Tohru CHIDA, Kazuyoshi BINGO,  
Katsuya KAWASAKI, Akira MIHARA, Yukio IWATA

Division of Health Physics, Tokai Research Establishment,  
JAERI

(Received August 25, 1980)

The ionization current to tritium gas concentration was calibrated for a cylindrical ionization chamber, which had a volume of  $1480 \text{ cm}^3$  and was made of stainless steel. Two methods were adopted for the calibration. One method was on the basis of comparison with a spherical ionization chamber with a volume of  $1260 \text{ cm}^3$ . This ionization chamber had been calibrated experimentally and the ionization efficiency had been calculated by Monte Carlo Method. In the other one, was directly used the tritium gas standard sources supplied by LMRI.

The mean ionization efficiency was found to be 1.00 by the comparison with the spherical ionization chamber and to be 0.94 by the experiment using the standard sources. The ionization efficiency for tritium gas was estimated to be 1.0, as the values derived by the two methods were equal within the experimental errors.

Keywords: Tritium Gas, Cylindrical Ionization Chamber,  
Ionization Efficiency, Calibration, Ionization Current

目 次

1. 緒 言 .....	1
2. 測定方法 .....	1
3. 測定結果および考察 .....	2
4. 結 言 .....	4
謝 辞 .....	4
参考文献 .....	4

Contents

1. Introduction .....	1
2. Measurements .....	1
3. Results and discussion .....	2
4. Conclusion .....	4
Acknowledgement .....	4
References .....	4

## 1. 緒 言

原子力施設，R I施設等において環境中に放出されたトリチウム・ガス濃度の測定は，放射線被曝管理上重要な課題である。こうしたトリチウム・ガス濃度の測定には，施設の持つ特質，トリチウム・ガスの性状の違いにより各種の方法<sup>1)</sup>が採用されている。なかでも，電離箱を用いた測定は，捕集にともなう繁雑さが無く，また，連続通気による測定が可能なことから広く一般に使用されている。

電離箱によるトリチウム・ガス濃度測定では，検出限界を下げるために，有効体積の大きい電離箱が必要とされる。しかし，一時的で比較的濃度の高いトリチウム・ガスの管理測定の場合には，1000cm<sup>3</sup>程度の有効体積を持つ比較的小型の電離箱で十分測定可能である。こうした簡便なトリチウム・ガス濃度の管理測定のために，しばしば，ステンレス製円筒形電離箱（～1500cm<sup>3</sup>）が使用されている。

一方，電離箱のトリチウム・ガスに対する電離効率の値<sup>2)</sup>は，主として形状因子の違いから統一的な値が呈示されておらず，個々の電離箱で固有に校正されるのが現状である。

本報告では，ステンレス製円筒形電離箱について，トリチウム・ガス濃度対出力電離電流の測定校正を行った。この電離箱の校正は，直接管理用測定に使用する他，管理用大型電離箱を校正する際の二次的標準とする目的を持つ。

校正方法としては，実験的および計算的に値付けされたガラス製球形電離箱との比較による方法<sup>2)</sup>とLMRIから販売されているトリチウム・ガス標準線源を用いた方法の2通りで行った。以上の校正結果を通じて放射線管理測定の立場からステンレス製円筒形電離箱の電離効率の値を評価した。

## 2. 測定方法

ステンレス製円筒形電離箱（大倉電気製）の断面図をFig. 1に示す。電離箱の内径および高さは，それぞれ，114mm $\phi$ ，140mm<sup>H</sup>で，内容積は，1480cm<sup>3</sup>である。中心電極は，クロムメッキした銅棒（6mm $\phi$ ）が使用されている。また，中心電極と壁面との間は，アクリル樹脂により絶縁されている。ガスの流出入口は，1/4 in銅管により引き出され，金属ジョイントを介して校正用測定系に接続することが可能である。振動容量型電位計（タケダ理研製，TR-84M）の入力部の高負荷抵抗は， $0.931 \times 10^{10} \Omega$ ， $0.747 \times 10^{12} \Omega$ の2つを使用した。負荷抵抗の校正には，<sup>90</sup>Sr-<sup>90</sup>Y線源を内蔵する電離箱型定電流源（大倉電気製）を使用した。印加電圧対出力電離電流の関係をFig. 2に示す。トリチウム・ガス濃度は1.02 $\mu$ Ci/cm<sup>3</sup>で，異なる内圧に対する測定結果を表わす。飽和電離電流値を得る印加電圧は，内圧，トリチウムガス濃度により変化するが，以下の測定結果では，常に飽和電離電流値を測定した。

## 1. 緒 言

原子力施設，R I施設等において環境中に放出されたトリチウム・ガス濃度の測定は，放射線被曝管理上重要な課題である。こうしたトリチウム・ガス濃度の測定には，施設の持つ特質，トリチウム・ガスの性状の違いにより各種の方法<sup>1)</sup>が採用されている。なかでも，電離箱を用いた測定は，捕集にともなう繁雑さが無く，また，連続通気による測定が可能なことから広く一般に使用されている。

電離箱によるトリチウム・ガス濃度測定では，検出限界を下げるために，有効体積の大きい電離箱が必要とされる。しかし，一時的で比較的濃度の高いトリチウム・ガスの管理測定の場合には，1000cm<sup>3</sup>程度の有効体積を持つ比較的小型の電離箱で十分測定可能である。こうした簡便なトリチウム・ガス濃度の管理測定のために，しばしば，ステンレス製円筒形電離箱（～1500cm<sup>3</sup>）が使用されている。

一方，電離箱のトリチウム・ガスに対する電離効率の値<sup>2)</sup>は，主として形状因子の違いから統一的な値が呈示されておらず，個々の電離箱で固有に校正されるのが現状である。

本報告では，ステンレス製円筒形電離箱について，トリチウム・ガス濃度対出力電離電流の測定校正を行った。この電離箱の校正は，直接管理用測定に使用する他，管理用大型電離箱を校正する際の二次的標準とする目的を持つ。

校正方法としては，実験的および計算的に値付けされたガラス製球形電離箱との比較による方法<sup>2)</sup>とLMRIから販売されているトリチウム・ガス標準線源を用いた方法の2通りで行った。以上の校正結果を通じて放射線管理測定の立場からステンレス製円筒形電離箱の電離効率の値を評価した。

## 2. 測定方法

ステンレス製円筒形電離箱（大倉電気製）の断面図をFig. 1に示す。電離箱の内径および高さは，それぞれ，114mm $\phi$ ，140mm<sup>H</sup>で，内容積は，1480cm<sup>3</sup>である。中心電極は，クロムメッキした銅棒（6mm $\phi$ ）が使用されている。また，中心電極と壁面との間は，アクリル樹脂により絶縁されている。ガスの流出入口は，1/4 in銅管により引き出され，金属ジョイントを介して校正用測定系に接続することが可能である。振動容量型電位計（タケダ理研製，TR-84M）の入力部の高負荷抵抗は， $0.931 \times 10^{10} \Omega$ ， $0.747 \times 10^{12} \Omega$ の2つを使用した。負荷抵抗の校正には，<sup>90</sup>Sr-<sup>90</sup>Y線源を内蔵する電離箱型定電流源（大倉電気製）を使用した。印加電圧対出力電離電流の関係をFig. 2に示す。トリチウム・ガス濃度は1.02 $\mu$ Ci/cm<sup>3</sup>で，異なる内圧に対する測定結果を表わす。飽和電離電流値を得る印加電圧は，内圧，トリチウムガス濃度により変化するが，以下の測定結果では，常に飽和電離電流値を測定した。

電離箱の校正は、(1)校正されたガラス製球形電離箱（以下、標準電離箱と略す）と比較する方法、(2)トリチウム・ガス標準線源を用いる方法で実施した。

#### (1) 標準電離箱との比較法

標準電離箱の断面図を Fig. 3 に示す。この電離箱は、内面に金を蒸着したパイレックスガラス製の球形電離箱（有効体積； $1260\text{ cm}^3$ ）である。標準電離箱の出力電離電流とトリチウム・ガス濃度の関係は、計算および実験の両面から決定されている。計算的には、モンテカルロ法により求めた電離効率に基づいている。一方、実験的には水素ガスをキャリアとしたトリチウム・ガスを電離箱内に導入し、出力電離電流を測定するとともに、そのガスの一定量を低圧爆発によりトリチウム水として捕集し液体シンチレーション測定する方法が用いられている。液体シンチレーション測定の校正には、RCC製液体シンチレータ標準線源が使用されている。実験値と計算値は、標準線源の誤差（4%内）で一致することが高野らに報告されている<sup>2)</sup>

標準電離箱を用いた校正用測定系を Fig. 4 (1) に示す。系の配管は、パイレックスガラス管（ $12\text{ mm}\phi$ ）を用い、ステンレス製円筒形電離箱は、メタル・ガラスジョイントを介して接続した。測定手順は、系内を真空にした後一定量のトリチウムガスを充填し、さらに、キャリアガスとして窒素ガスを加え系内に直列に組み込まれたガラスファンにより出力電流値が一定になるまで混合した。キャリアガスの量は、出力電離電流対内圧の関係を測定する目的で任意に変化させた。系内に充填したトリチウム・ガス濃度は、窒素ガスに対しモンテカルロ法で計算した電離効率に基づいて決定した。

#### (2) 標準線源を用いる方法

使用したトリチウム・ガス標準線源はLMRI製で、ガラス・アンプル（ $\sim 27\text{ cm}^3$ ）に封入保存されている。各線源の放射能は1～3%の確度で決定されている。校正用測定系は、Fig. 4 (2) に示される様に、ダイヤフラム・ポンプを介した閉ループを構成する。配管は $1/4\text{ in}\phi$ の銅管を用い、各バルブには、ベロー・バルブ（NUPRO製B-4HK型）を使用した。

系内を真空にした後、ガラス・アンプルのブローカブルシールを割り、トリチウム・ガスを導入した。次に、キャリア・ガスとして乾燥空気を加え、任意の圧力に調節した。さらに、ダイヤフラム・ポンプで出力電流が一定になるまで混合した後、出力電離電流を測定した。トリチウム・ガス濃度は、導入したトリチウムの放射能と系の体積より算出した。系の体積（ $1620\text{ cm}^3$ ）は、既知の体積のフラスコ（ $1560\text{ cm}^3$ ）をガラス・アンプル取付端に接続し内圧変化を水銀マンオメータで読み取り決定した。

### 3. 測定結果および考察

電離箱の出力電離電流  $I$  (A) とトリチウム・ガス濃度  $D$  ( $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ ) との関係は、一般に次の式で表わされる。

$$I = 3.7 \times 10^4 \cdot \frac{e \cdot \bar{E} \cdot D \cdot V \cdot \eta}{W}$$



電離箱の校正は、(1)校正されたガラス製球形電離箱（以下、標準電離箱と略す）と比較する方法、(2)トリチウム・ガス標準線源を用いる方法で実施した。

#### (1) 標準電離箱との比較法

標準電離箱の断面図を Fig. 3 に示す。この電離箱は、内面に金を蒸着したパイレックスガラス製の球形電離箱（有効体積； $1260\text{ cm}^3$ ）である。標準電離箱の出力電離電流とトリチウム・ガス濃度の関係は、計算および実験の両面から決定されている。計算的には、モンテカルロ法により求めた電離効率に基づいている。一方、実験的には水素ガスをキャリアとしたトリチウム・ガスを電離箱内に導入し、出力電離電流を測定するとともに、そのガスの一定量を低圧爆発によりトリチウム水として捕集し液体シンチレーション測定する方法が用いられている。液体シンチレーション測定の校正には、RCC製液体シンチレータ標準線源が使用されている。実験値と計算値は、標準線源の誤差（4%内）で一致することが高野らに報告されている<sup>2)</sup>

標準電離箱を用いた校正用測定系を Fig. 4 (1) に示す。系の配管は、パイレックスガラス管（ $12\text{ mm}\phi$ ）を用い、ステンレス製円筒形電離箱は、メタル・ガラスジョイントを介して接続した。測定手順は、系内を真空にした後一定量のトリチウムガスを充填し、さらに、キャリアガスとして窒素ガスを加え系内に直列に組み込まれたガラスファンにより出力電流値が一定になるまで混合した。キャリアガスの量は、出力電離電流対内圧の関係を測定する目的で任意に変化させた。系内に充填したトリチウム・ガス濃度は、窒素ガスに対しモンテカルロ法で計算した電離効率に基づいて決定した。

#### (2) 標準線源を用いる方法

使用したトリチウム・ガス標準線源はLMRI製で、ガラス・アンプル（ $\sim 27\text{ cm}^3$ ）に封入保存されている。各線源の放射能は1～3%の確度で決定されている。校正用測定系は、Fig. 4 (2) に示される様に、ダイヤフラム・ポンプを介した閉ループを構成する。配管は $1/4\text{ in}\phi$ の銅管を用い、各バルブには、ベロー・バルブ（NUPRO製B-4HK型）を使用した。

系内を真空にした後、ガラス・アンプルのブレーカブルシールを割り、トリチウム・ガスを導入した。次に、キャリア・ガスとして乾燥空気を加え、任意の圧力に調節した。さらに、ダイヤフラム・ポンプで出力電流が一定になるまで混合した後、出力電離電流を測定した。トリチウム・ガス濃度は、導入したトリチウムの放射能と系の体積より算出した。系の体積（ $1620\text{ cm}^3$ ）は、既知の体積のフラスコ（ $1560\text{ cm}^3$ ）をガラス・アンプル取付端に接続し内圧変化を水銀マンオメータで読み取り決定した。

### 3. 測定結果および考察

電離箱の出力電離電流  $I$  (A) とトリチウム・ガス濃度  $D$  ( $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ ) との関係は、一般に次の式で表わされる。

$$I = 3.7 \times 10^4 \cdot \frac{e \cdot \bar{E} \cdot D \cdot V \cdot \eta}{W}$$

ここで,  $e$  : 電気素量

$\bar{E}$  : トリチウムから放出された $\beta$ 線の平均エネルギー (eV)

$W$  :  $W$ 値 (eV)

$V$  : 電離箱の有効体積 ( $\text{cm}^3$ ),  $\eta$  : 電離効率

2つの校正法により測定した出力電離電流値に基づき算出した電離効率 ( $\eta$ ) を Table 1 に示す。計算に際し, 平均エネルギー $\bar{E}$ は  $5.7 \times 10^3 \text{ eV}$ <sup>3)</sup>,  $W$ 値は, 窒素ガス, 乾燥空気に対して, それぞれ,  $34.9 \text{ eV}$ ,  $34.0 \text{ eV}$ <sup>4,5)</sup> とした。また, 有効体積  $V$  の値は, ガードリング, 電極取付部における電場の歪みにより正確な値の把握が困難である。このため, ステンレス製円筒形電離箱においては, 内容積  $1480 \text{ cm}^3$  を有効体積として計算した。出力電離電流値は, 2つの校正法ともに, 電離箱内圧約  $700 \text{ mmHg}$  での測定値を使用した。トリチウム・ガス濃度は, 標準電離箱を用いた校正法で  $1.77 \times 10^{-2}$ ,  $1.37 \times 10^{-1}$ ,  $1.02 \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ , トリチウム・ガス標準線源を用いた校正法で  $2.21 \times 10^{-4}$ ,  $4.45 \times 10^{-3}$ ,  $1.67 \times 10^{-2} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$  の各3種類を用いた。

電離効率の各値は, トリチウム・ガス濃度に依存せず, ばらつきも小さい。標準電離箱を用いた校正法において電離効率の平均値は  $1.00$  となった。この値は, 窒素ガスに対してモンテカルロ法で求めた標準電離箱の電離効率 ( $0.992$ ) と良く一致している。トリチウム・ガス標準線源を用いた校正法では,  $0.94$  と若干低い値が得られた。前述のように, 標準電離箱の実験的校正には, 液体シンチレータ標準線源が用いられており, 3%の不確さを含む。一方, LMRI製トリチウム・ガス標準線源では, 1~3%の不確さを含み, 測定誤差を加えると, 4%程度の誤差が生ずる。測定条件の違い, 定数値の信頼性を考慮すると2つの校正法で得られた電離効率は, 誤差の範囲内で一致しているといえる。

標準電離箱とステンレス製円筒形電離箱の出力電離電流値と電離箱の内圧との関係を Fig. 5 に示す。両電離箱ともキャリアガスの圧力増加にともない同様な飽和傾向が現われ,  $400 \text{ mmHg}$  をこえる各測定値は, 読み取り誤差内で良く一致する。図中の $\Delta$ 印は, 窒素ガスをキャリアガスとしモンテカルロ法により計算した標準電離箱の電離効率( $\eta$ )を示す。測定値と計算値は,  $700 \text{ mmHg}$  の値で規格化されている。計算結果は, 測定値の内圧変化に対する傾向ときわめて良く一致している。また, 計算値は, 内圧  $400 \text{ mmHg}$  で,  $\eta = 0.988$ ,  $700 \text{ mmHg}$  で  $\eta = 0.992$  となり, ほとんど1に飽和している。電離効率は, 電離箱の形状および壁面材質, キャリヤガスの種類および密度等の要因により変化する。内圧変化に対する電離電流の飽和傾向は, 電離箱の壁面による $\beta$ 線の吸収が, 電離箱内で吸収された $\beta$ 線に対してほとんど無視できるという事実に対応している。標準電離箱とステンレス製円筒形電離箱の飽和傾向の一致は内容積に対する壁面積の比が両電離箱とも約  $1/2$  であり, 壁面に吸収される割合がステンレス製円筒形電離箱においても標準電離箱と同程度になっているためと考えられる。以上の結果から, ステンレス製円筒形電離箱においても, 窒素ガスをキャリアガスとした場合には,  $400 \text{ mmHg}$  以上で  $\eta \approx 1$  になると考えられる。

トリチウム・ガス濃度の管理測定の場合では, 環境中の空気を採集して大気圧において使用される。また, 外部からの $\gamma$ 線, 他の放射性気体等の測定環境条件の影響を考慮すれば, トリチウムの吸着が小さい場合には, ステンレス製円筒形電離箱の電離効率を1として管理を行なって良いものと考えられる。

## 4. 結 言

内容積  $1480\text{cm}^3$  のステンレス製円筒形電離箱について、トリチウム・ガス濃度対出力電離電流の測定校正を行った。

校正には、(1)標準電離箱との比較法および(2)トリチウム・ガス標準線源を用いる方法の2通りの方法を用いた。

出力電離電流の測定値および放射能濃度より電離効率を求めた結果、標準電離箱との比較法で1.00、トリチウム・ガス標準線源を用いる方法で0.94の値が得られた。

両校正法でキャリアガスは異なるが、標準線源の確度、測定精度等を考慮すると比較的良い一致が得られたと考えられる。また、電離箱の内圧に対する出力電離電流の測定では、 $400\text{mmHg}$  以上の内圧ではほぼ飽和し、その飽和傾向は、校正に用いた標準電離箱と良く一致した。さらに、この飽和傾向は、標準電離箱についてモンテカルロ法で計算された値とも良く一致した。

放射線管理の立場でステンレス製円筒形電離箱を使用する場合、通常、大気圧の乾燥空気をキャリアガスとするため、電離効率1.0を用いて良いと考えられる。

## 謝 辞

本実験の遂行にあたり有益な御助言を賜った名古屋大学工学部原子核工学科、渡辺鏞教授、ならび、実験に際し御助力をいただいた高野研一氏に深く感謝いたします。

また、実験機材の入手に御尽力いただいたアロカ株式会社、佐藤博夫氏に感謝します。

## 参 考 文 献

- 1) NCRP Report 47 (1976)
- 2) 高野研一, 山田孝一, 渡辺鏞; 保健物理, 15, 41-46 (1980)
- 3) NCRP Report 58 (1978)
- 4) NCRP Report 57 (1978)
- 5) ICRU Report 31 (1979)

## 4. 結 言

内容積  $1480\text{cm}^3$  のステンレス製円筒形電離箱について、トリチウム・ガス濃度対出力電離電流の測定校正を行った。

校正には、(1)標準電離箱との比較法および(2)トリチウム・ガス標準線源を用いる方法の2通りの方法を用いた。

出力電離電流の測定値および放射能濃度より電離効率を求めた結果、標準電離箱との比較法で1.00、トリチウム・ガス標準線源を用いる方法で0.94の値が得られた。

両校正法でキャリアガスは異なるが、標準線源の確度、測定精度等を考慮すると比較的良い一致が得られたと考えられる。また、電離箱の内圧に対する出力電離電流の測定では、 $400\text{mmHg}$  以上の内圧ではほぼ飽和し、その飽和傾向は、校正に用いた標準電離箱と良く一致した。さらに、この飽和傾向は、標準電離箱についてモンテカルロ法で計算された値とも良く一致した。

放射線管理の立場でステンレス製円筒形電離箱を使用する場合、通常、大気圧の乾燥空気をキャリアガスとするため、電離効率1.0を用いて良いと考えられる。

## 謝 辞

本実験の遂行にあたり有益な御助言を賜った名古屋大学工学部原子核工学科、渡辺鏢教授、ならび、実験に際し御助力をいただいた高野研一氏に深く感謝いたします。

また、実験機材の入手に御尽力いただいたアロカ株式会社、佐藤博夫氏に感謝します。

## 参 考 文 献

- 1) NCRP Report 47 (1976)
- 2) 高野研一, 山田孝一, 渡辺鏢; 保健物理, 15, 41-46 (1980)
- 3) NCRP Report 58 (1978)
- 4) NCRP Report 57 (1978)
- 5) ICRU Report 31 (1979)

## 4. 結 言

内容積1480cm<sup>3</sup>のステンレス製円筒形電離箱について、トリチウム・ガス濃度対出力電離電流の測定校正を行った。

校正には、(1)標準電離箱との比較法および(2)トリチウム・ガス標準線源を用いる方法の2通りの方法を用いた。

出力電離電流の測定値および放射能濃度より電離効率を求めた結果、標準電離箱との比較法で1.00、トリチウム・ガス標準線源を用いる方法で0.94の値が得られた。

両校正法でキャリアガスは異なるが、標準線源の確度、測定精度等を考慮すると比較的良い一致が得られたと考えられる。また、電離箱の内圧に対する出力電離電流の測定では、400mmHg以上の内圧ではほぼ飽和し、その飽和傾向は、校正に用いた標準電離箱と良く一致した。さらに、この飽和傾向は、標準電離箱についてモンテカルロ法で計算された値とも良く一致した。

放射線管理の立場でステンレス製円筒形電離箱を使用する場合、通常、大気圧の乾燥空気をキャリアガスとするため、電離効率1.0を用いて良いと考えられる。

## 謝 辞

本実験の遂行にあたり有益な御助言を賜った名古屋大学工学部原子核工学科、渡辺鏢教授、ならび、実験に際し御助力をいただいた高野研一氏に深く感謝いたします。

また、実験機材の入手に御尽力いただいたアロカ株式会社、佐藤博夫氏に感謝します。

## 参 考 文 献

- 1) NCRP Report 47 (1976)
- 2) 高野研一, 山田孝一, 渡辺鏢; 保健物理, 15, 41-46 (1980)
- 3) NCRP Report 58 (1978)
- 4) NCRP Report 57 (1978)
- 5) ICRU Report 31 (1979)

Table 1 Results of ionization efficiencies obtained by two methods.

No.	Tritium concentration at 700mmHg ( $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ )	Ionization efficiency ( $\eta$ )
1	$1.77 \times 10^{-2}$	1.01
2	$1.37 \times 10^{-1}$	1.01
3	1.02	0.99
mean		1.00

(1) Comparing with a spherical ionization chamber

No.	Tritium concentration at 700mmHg ( $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ )	Ionization efficiency ( $\eta$ )
1	$2.21 \times 10^{-4}$	0.94
2	$4.45 \times 10^{-3}$	0.95
3	$1.67 \times 10^{-2}$	0.94
mean		0.94

(2) Using tritium gas standard sources

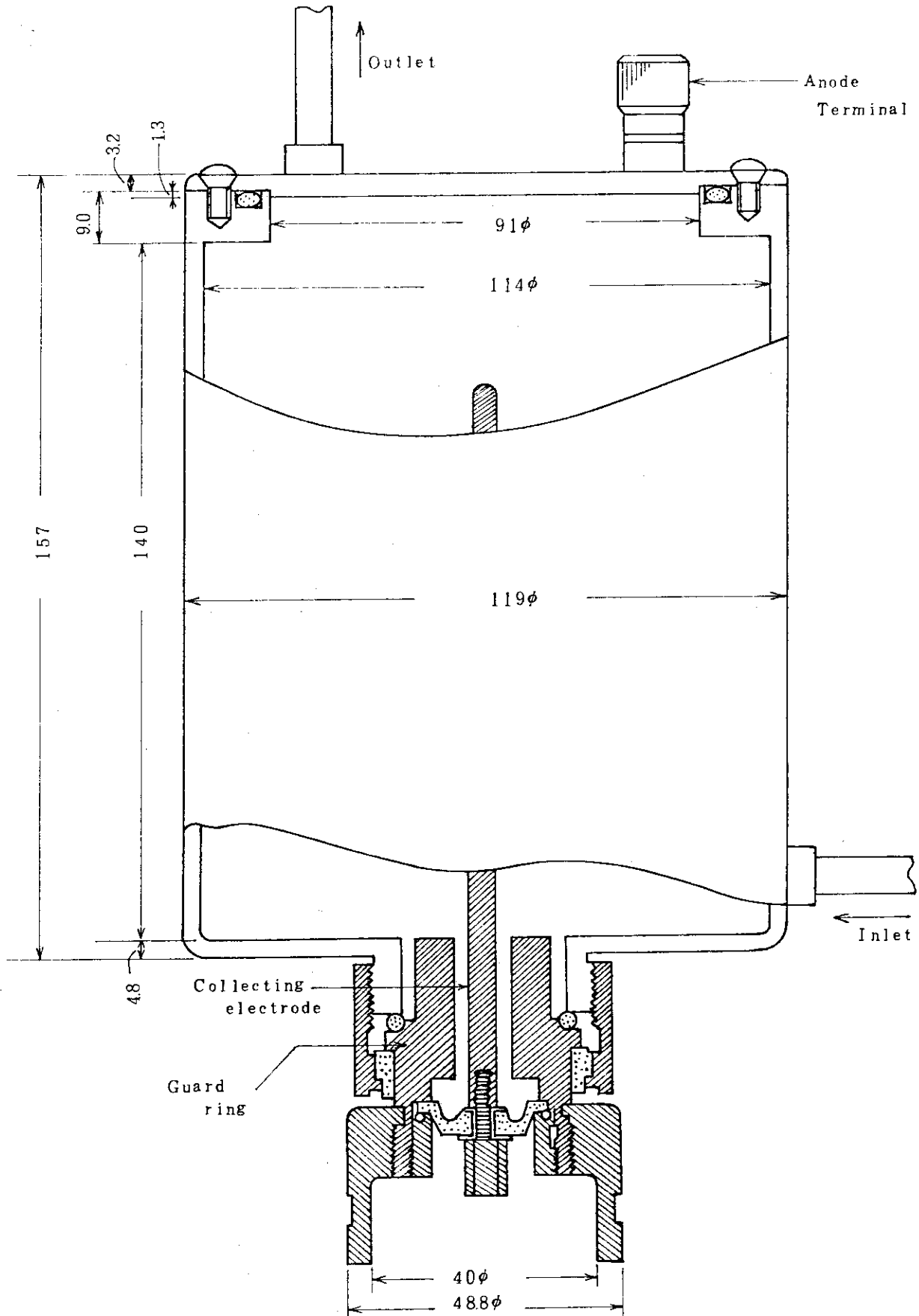


Fig. 1 Cross-section of a cylindrical ionization chamber with a volume of 1480cm<sup>3</sup>.

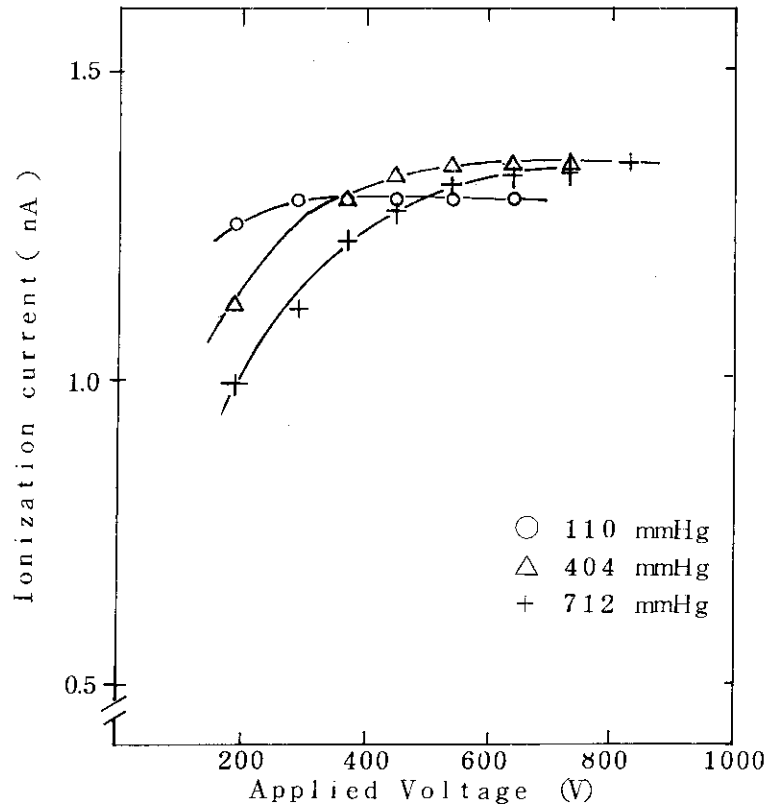


Fig. 2 Saturation curves of ionization current against applied voltage.

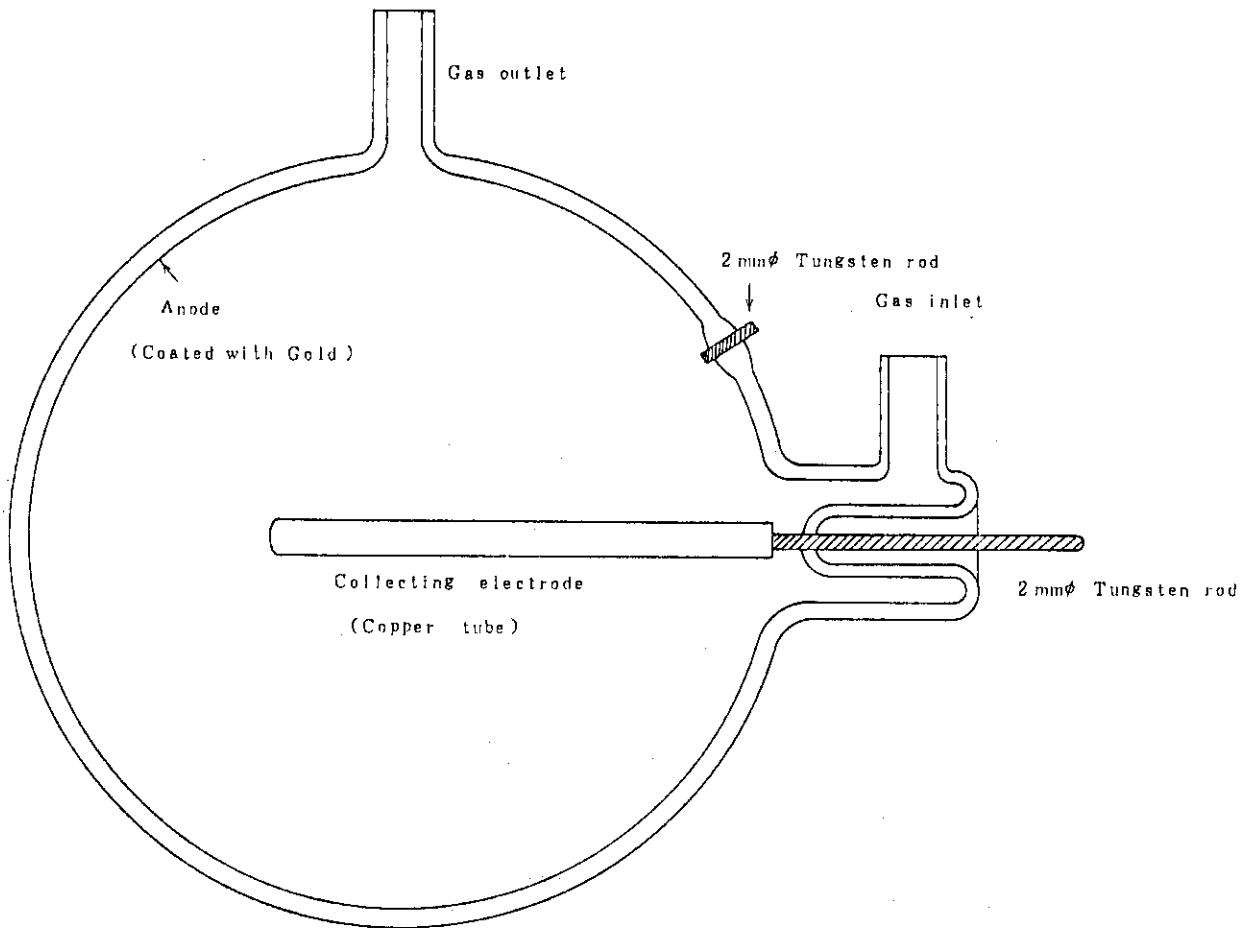


Fig. 3 Cross-section of a spherical ionization chamber used as a standard ionization chamber. (by Takano et al<sup>2)</sup>)



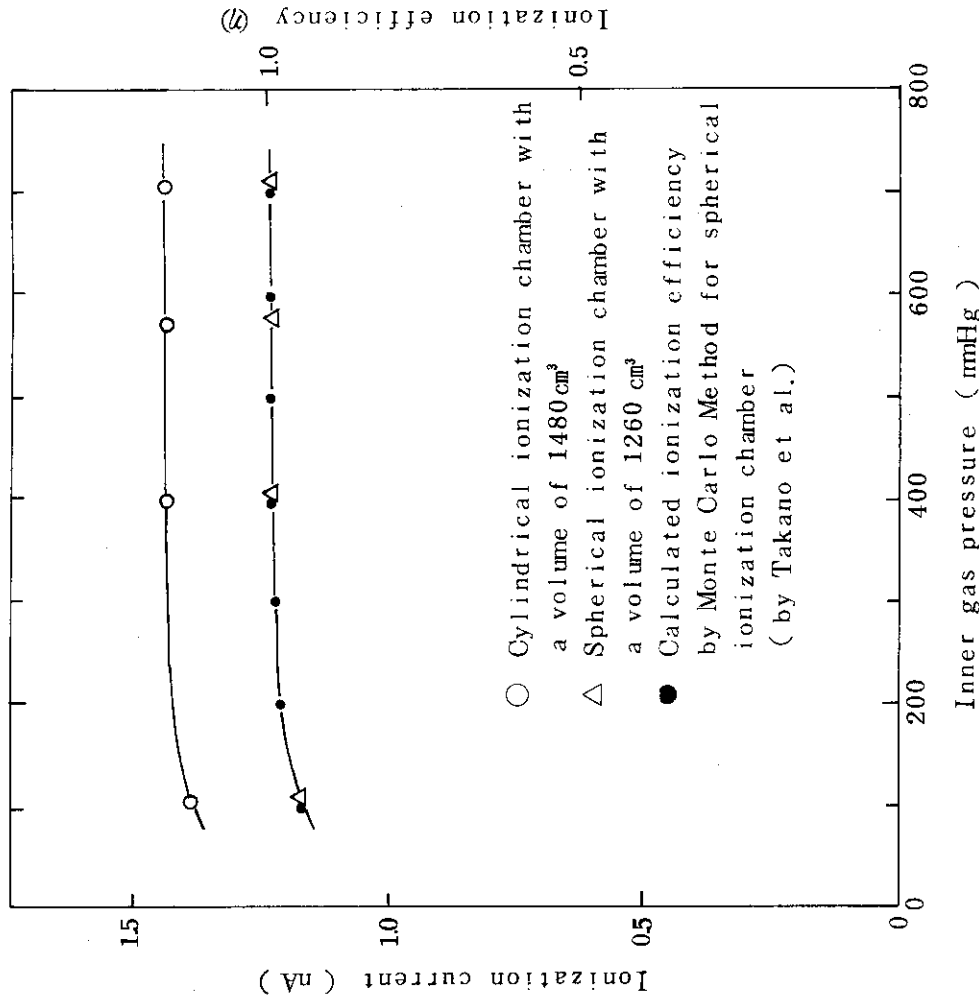


Fig. 5 Relationship between ionization current and inner gas pressure.

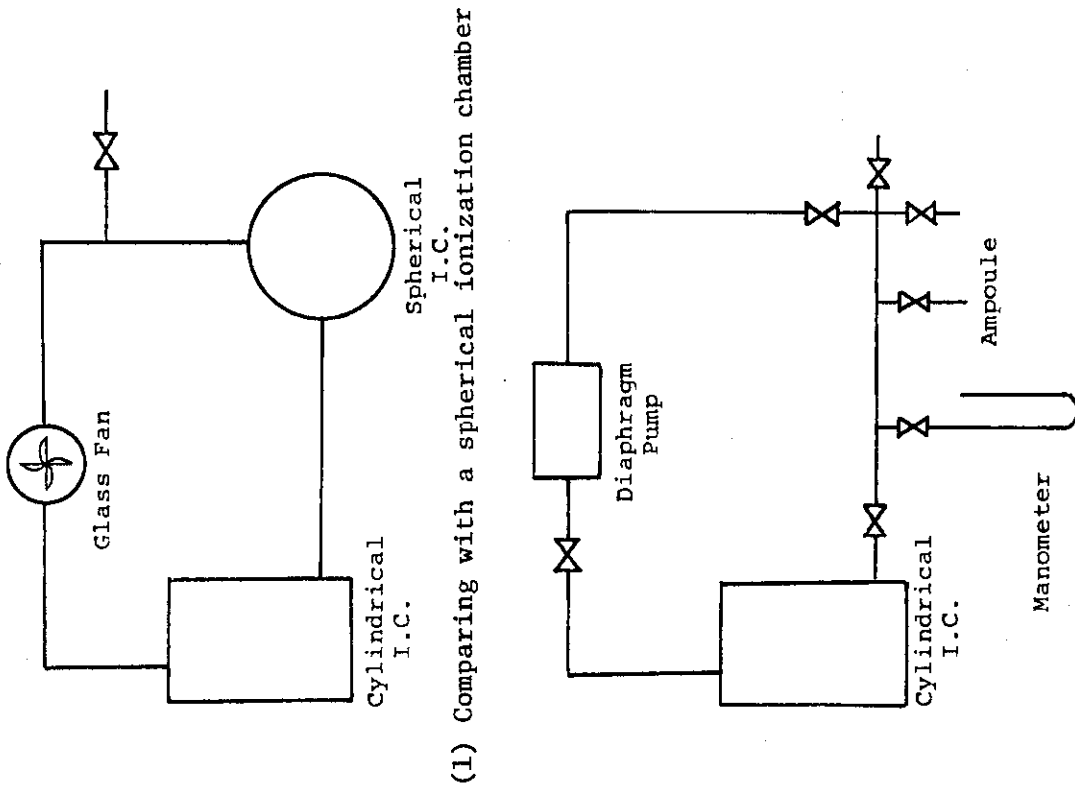


Fig. 4 Diagram of calibration system.