



Title	JAPM電離箱の温度・気圧特性と気圧計の安定性について
Author(s)	平岡, 武; 川島, 勝弘; 星野, 一雄 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1982, 42(12), p. 1137-1146
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15394
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

JAPM 電離箱の温度・気圧特性と気圧計の安定性について

放射線医学総合研究所物理研究部

平岡 武 川島 勝弘 星野 一雄 松沢 秀夫

(昭和57年1月12日受付)

(昭和57年2月18日最終原稿受付)

Temperature and pressure characteristics of JAPM dosimeter and long-term stability of several barometers

Takeshi Hiraoka, Katsuhiro Kawashima, Kazuo Hoshino and Hideo Matsuzawa

Division of Physics, National Institute of Radiological Sciences, Chiba, Japan

Research Code No.: 203

Key Words: Temperature and pressure characteristic,
Dosimetry, JAPM dosimeter, Barometer

An ionization chamber is one of the most suitable devices to dose determinations for any types of ionizing radiations. It is necessary, however, to correct for air density within the chamber due to difference of an ambient temperature and pressure from the standard conditions for them. There are few data about time constants of temperature and pressure for an ionization chamber, while Lowry was pointed out of the influence for a Farmer chamber in a special case.

We have measured time constants of temperature and pressure for JAPM chamber using a miniature thermister and a special pressure gauge which both can be expressed with digital quantity. Measurements of temperature characteristics were made for four conditions as follows; (a) chamber with build up cap in air, (b) chamber in air, (c) chamber in checking source, and (d) chamber in a Mix-DP phantom.

The results show that the times required to attain to room temperature within 0.3 degrees of centigrade for conditions (a) through (d), provided that the initial temperature difference between the chamber and room is supposed to be 3 degrees of centigrades, are 17, 9, 7 and 5 minutes, respectively. The pressure time constant is less than 10 seconds. To determine the barometric pressure within the accuracy of 0.1 percent using Aneroid barometer, only a precision type of the barometer is necessary.

緒 言

放射線の線量測定は電離箱線量計による方法が最も便利で精度も高く、日常の測定に広く用いられている。この方法に於ては一般に通気性のある電離箱が標準状態で校正されているため、測定時の電離気体の温度・気圧の違いによる空気質量の変化に対して補正を行なう必要がある。一般に線量計の保管場所と照射室とは異なるため、線量測定の開始時に於て電離箱の電離気体内の温度・

気圧と照射室内の室温・大気圧には多少とも差が生ずることが普通である。またファントム中の測定や校正用線源による測定についても同様なことがいえる。

電離箱の温度の時間応答についての定量的な研究は尾内ら¹⁾によって行なわれた。また Lowry²⁾によってファーマ電離箱の特性が求められているが、これはある一定条件での測定しか行なっていない。ファーマ型電離箱は現在線量測定に広く用

いられているが、この類似型電離箱として日医放医療用線量標準センターで使われている JAPM 標準電離箱（応用技研製）があるが、我々はこの電離箱の種々の条件下での温度・気圧特性を実験的に求め、また種々の気圧計の長期間にわたる安定度を求め検討したのでここに報告する。

実験方法

(1) 電離箱の温度特性

電離箱内温度の周囲温度変化に対する時間応答の測定は、JAPM 電離箱の中心電極（アルミニウム製、0.5mm 直径、約20mm 長さ）部分を超小型サーミスタ（芝浦電子製、特殊 NSB 型）で置き換えることによって行なった。このサーミスタは検出器部分が $1\text{mm}\phi \times 5\text{ mm}$ 長さのガラスで被覆され、0.2mm 直径の銅のリード線で接続されている。したがって電離箱の中心電極とほぼ同程度の体積を有し、この違いによる電離気体への温度の影響は無視できる。2個のサーミスタを基準温度計（計量研究所にて校正され士 0.06°C 以内で一致）と共に恒温槽に入れ、3～40°Cの温度内を約1°C間隔に変化させて、正確に温度対低抗値の曲線を求めた。その内の1個を電離箱に封入し（以後サーミスタ電離箱と呼ぶ）、もう一方を周囲温度測定用（リファレンスサーミスタ）に用いた。

温度特性測定のブロック図を Fig. 1 に示す。

予め恒温槽内で室温とは異なった温度で平衡に保たれたサーミスタ電離箱を、急激に取り出しじ部を万力で固定し、リファレンスサーミスタとこの両方の抵抗値をデジタル量に変換し、YHP 9825A コンピュータに入力し経過時間とこれらの温度との関係を記録し演算処理する方法を採用了。

一般に電離箱の使用方法には種々の状態が考えられるため、次の4つの測定条件下での電離箱の温度特性を求めた。(a) JAPM 電離箱に ^{60}Co ガンマ線用ビルトアップキャップを装着した場合、(b) 0.5mm 厚さのルサイト壁を有する電離箱そのものの場合、(c) 電離箱を ^{90}Sr チェッキング線源に入れた場合、(d) 電離箱を Mix-DP ファントム³⁾ に入れた場合の4条件である（以後これらを条件(a)～条件(d)と略記する）。リファレンスサーミスタは条件(a), (b) では電離箱から約30cm 隔れた空中に、条件(c) では線源固定用アルミニウムホルダの外壁に、また条件(d) では Mix-DP ファントム内にそれぞれ固定した。温度サンプリング時間は条件(a) が1分、それ以外は全て15秒間隔で測定を行なった。

(2) 電離箱の気圧特性

短時間内の気圧変化を測定・記録するためには気圧変化量を電気信号として取り出せる検出器を用いる必要がある。ここでは米国セトラ社のモデ

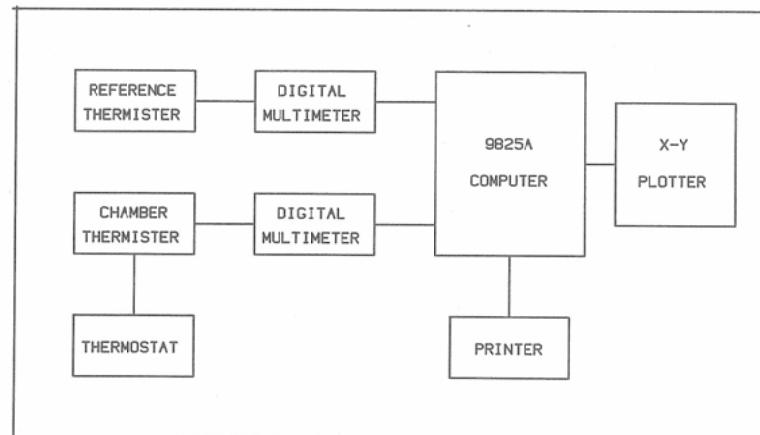


Fig. 1 Block diagram of the measurement for temperature time constant

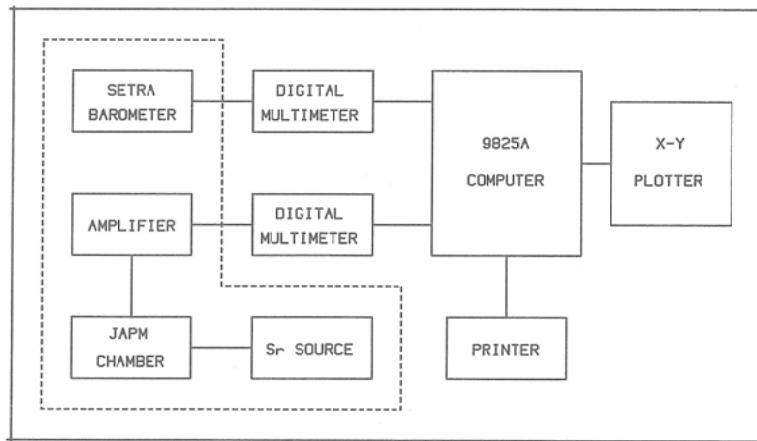


Fig. 2 Block diagram of the measurement for pressure time constant

ル250型気圧計用検出素子を用いた。この検出器は気圧変化に伴なって生ずる2枚の電極間の静電容量変化を直流電圧として取り出すもので、800～1,100mbの気圧範囲を測定でき、絶対精度は±0.3mb以内、直線性は±0.05%以内、再現性は±0.05%以内と極めて優れた性能を有している。

電離箱の電離電流は気圧変化に比例するため、JAPM電離箱を⁹⁰Sr チェッキング線源に挿入し増幅器と接続し、これらと前記のセトラ気圧検出器とを真空槽に封入した。この真空槽はこれに接続された真空ポンプとリークバルブとにより任意の気圧に変化できる。2つの検出器からの信号（気圧と電離電流）をデジタル化し前記の温度特性と同じ方法にて記録・演算処理を行なった。電離気体の周囲気圧変化に対する時間応答の測定ブロック図をFig. 2に示す。

(3) 気圧計の安定性測定

校正された精密水銀気圧計（フォルタン型）は種々の補正を加えれば再校正の必要がなく使用できるが、アネロイド気圧計が最も頻度高く用いられている。この気圧計は兼価であることや直読できる便利さがあるが、安定性に問題点が残されている。ここでは最も一般に用いられている直径15cm程度の汎用型アネロイド気圧計3種類（それぞれ異なる製造会社）に4th-Lab, No-1, M

と名付け、フォルタン気圧計による絶対値との比較から、長期間にわたる安定性を測定した。また直径22cmの精密アネロイド気圧計についても測定したがこれをStdと名付ける。ルーチンの測定にはフォルタン気圧計よりもこれを標準として用いているからである。日曜日を除くほぼ毎日一回の測定により約一年間にわたる安定性の測定を行なった。

実験結果

(1) 電離箱の温度特性

サーミスタ電離箱を約1時間恒温槽中に放置して電離箱中の温度平衡を図り、これを取り出して空洞気体の温度特性を求めた。Fig. 3は条件(a)と(b)での実験結果をプロットしたものである。図の横軸は経過時間、縦軸はサーミスタ電離箱の温度とリファレンスサーミスタの温度との差を示す。温度差をY°C、経過時間をX分としたとき、

$$Y = A \cdot \exp(-BX)$$

の式でそれぞれのデータをフィットしたのが実線と一点鎖線で示してある。実線は実験値と良く一致しており、このことはビルトアップキャップを装着した電離箱ではほぼ理想的に熱の移動が行なわれていることがわかる。一点鎖線は実線ほど良く一致していないが、これは壁厚が薄くシステム部分との熱の移動のため単純な指數関数曲線に一致しないものと思われるが、温度特性を評価するた

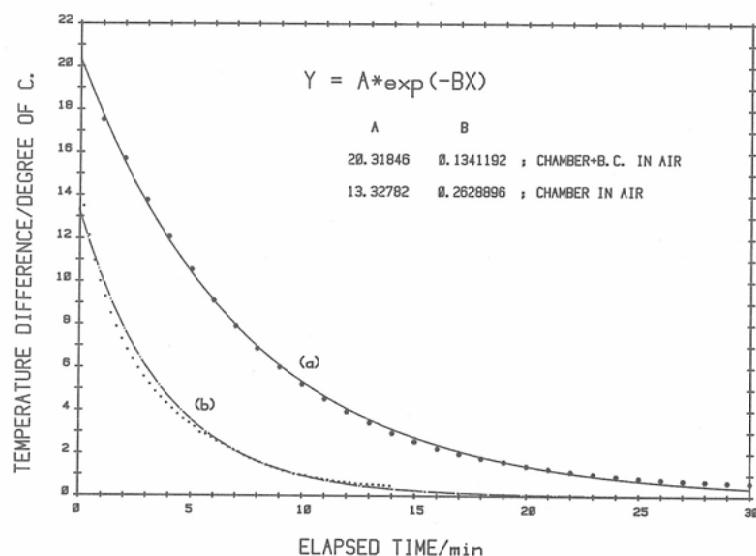


Fig. 3 Temperature characteristics in JAPM chamber as a function of elapsed time for two measurement conditions

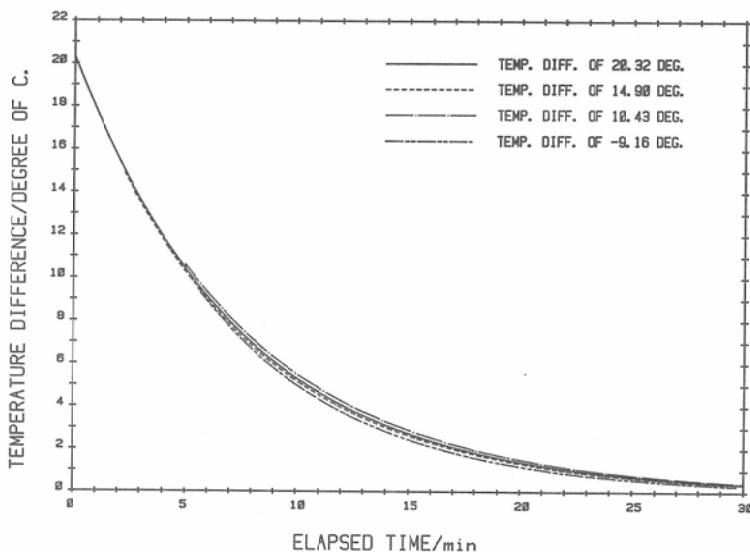


Fig. 4 Temperature characteristics with four initial temperature differences

めには充分良い一致といえる。フィットした A, B の 2 つの定数の値は図の中に示してある。

Fig. 4 は条件 (a) について恒温槽での初期設定温度と室温との温度差を変数としたときの実験データにフィットさせた曲線を示してある。室温にくらべて 20.32, 14.90, 10.43°C 高い初期温度の曲線が示してあるが良く一致している。また室

温より 9.16°C 低い初期温度の値も符号を逆にして示してあるが、ほとんど同じ結果である。各条件で数回にわたる測定を行なったが、一回の測定により充分高い精度で温度特性が求められることがわかる。温度特性の測定期間中の室温は 18°C ± 0.2°C 以内であったが、各測定内での室温の安定度は ± 0.2°C 以内であった。

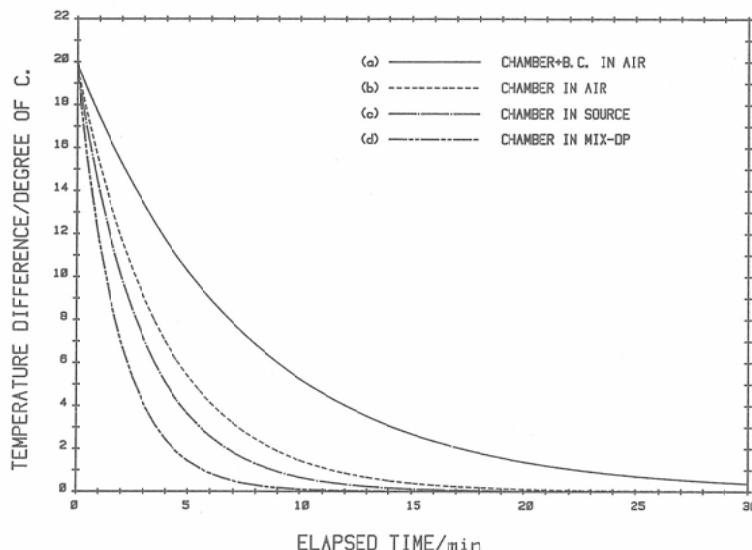


Fig. 5 Temperature characteristics for four different measurement conditions. Values of initial temperature difference are normalized to 20°C

Fig. 5 に条件 (a)～条件 (d) に対して、初期温度差を20°Cに規格化したときの実験結果を示す。条件 (a) では4mm厚さのルサイト製ビルドアップキャップが装着されているため、熱の移動に長期間を要し、キャップの無い条件 (b) ではこれとは大きく異なる。条件 (c) は電離箱の壁厚0.5mmの先端部分とステム部分が線源保持用のアルミニウム金属部分に密着するため、熱伝導による熱の移動は前2者にくらべてより早くなる。条件 (d) は $20 \times 20 \times 20\text{cm}^3$ のMix-DPファントムの中央に電離箱を挿入した場合で、電離箱構成部分のほとんどがMix-DPに密着するため、熱伝導速度はより促進される。一般に初期温度差が20°Cもあることはほとんど考えられないので、熱の移動に対してこれ程長時間を要することはないが、これらの曲線は指数関数であるため、初期温度差が小さくても思いの他長い時間を要することがわかる。各曲線の傾斜を示す前記指数関数の定数Bの値は条件 (a)～条件 (d) に対してそれぞれ0.13412, 0.26289, 0.34163, 0.52810であった。

Fig. 6 は条件 (a) について、Fig. 5 の結果を基に求めた初期温度差からほぼ平衡に達するまで

の必要時間を示す。図中のパラメータは平衡近傍での温度差による誤差が、室温が22°C(295.15K)での何パーセントかを示す。例えば、初期温度差が4°Cのとき、誤差0.1%すなわち0.3°C以内にJAPM電離箱内温度が室温と一致するために約20分間必要であることがわかる。また1°Cの初期温度差であっても0.1%の条件では約10分間必要である。精密な測定に於ては温度差による影響を無視できる程度にする必要があり、その様な場合には0.05%以下と言った様な条件を採用すれば、より多くの時間を必要とすることになる。特に条件 (a) での測定には多大な注意を払わなければならない。

Table 1 に条件 (a)～条件 (d) について、初期温度差 (°C) に対するこれらの必要時間 (分) の値を示してある。

(2) 電離箱の気圧特性

真空槽中の圧力を大気圧から約100mmHg徐々に減圧し、リークバルブを開放して元の大気圧の定常状態まで戻し、この間の真空槽内の圧力とJAPM電離箱の電離電流を測定した。Fig. 7 にその結果をそれぞれ実線と点線とで示す。測定は1秒間隔で行なったが、図からわかるごとく電離

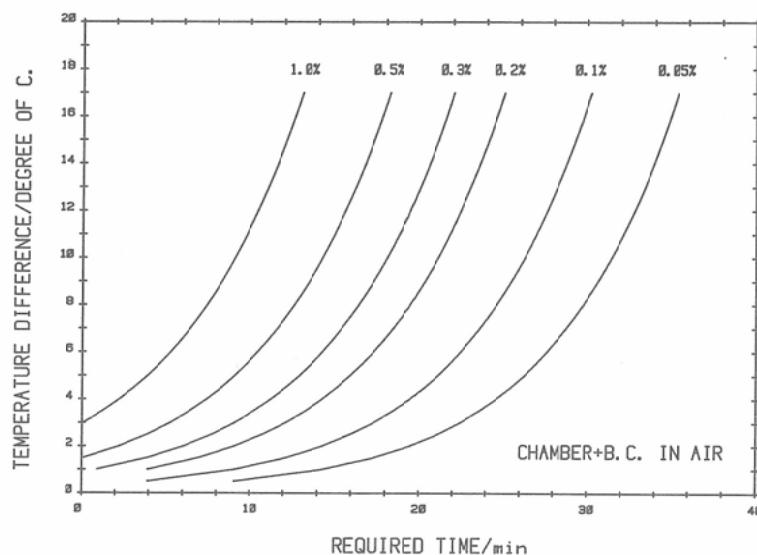


Fig. 6 Required time to attained the equilibrium room temperature within the percentage

Table 1 Values of required time to attained the equilibrium room temperature within the percentage for four measurement conditions

Temp. Difference	Chamber +B.C. in Air			Chamber in Air			Chamber in Source			Chamber in Mix-DP		
	0.2%	0.1%	0.05%	0.2%	0.1%	0.05%	0.2%	0.1%	0.05%	0.2%	0.1%	0.05%
0.5	3.9	9.0	2.0	4.6	1.5	3.5	1.0	2.3				
1.0	3.9	9.1	14.2	2.0	4.6	7.2	1.5	3.5	5.5	1.0	2.3	3.6
1.5	6.9	12.1	17.2	3.5	6.1	8.8	2.7	4.7	6.7	1.7	3.0	4.3
2.0	9.1	14.2	19.4	4.6	7.2	9.9	3.5	5.6	7.6	2.3	3.6	4.9
2.5	10.7	15.9	21.0	5.4	8.1	10.7	4.2	6.2	8.2	2.7	4.0	5.3
3.0	12.1	17.2	22.4	6.1	8.8	11.4	4.7	6.7	8.8	3.0	4.3	5.7
3.5	13.2	18.4	23.5	6.7	9.4	12.0	5.2	7.2	9.2	3.3	4.6	5.9
4.0	14.2	19.4	24.5	7.2	9.9	12.5	5.6	7.6	9.6	3.6	4.9	6.2
4.5	15.1	20.3	25.4	7.7	10.3	12.9	5.9	7.9	10.0	3.8	5.1	6.4
5.0	15.9	21.1	26.2	8.1	10.7	13.3	6.2	8.2	10.3	4.0	5.3	6.6
5.5	16.6	21.8	26.9	8.4	11.1	13.7	6.5	8.5	10.5	4.2	5.5	6.8
6.0	17.2	22.4	27.6	8.8	11.4	14.0	6.7	8.8	10.8	4.3	5.7	7.0
6.5	17.8	23.0	28.2	9.1	11.7	14.3	7.0	9.0	11.0	4.5	5.8	7.1
7.0	18.4	23.6	28.7	9.4	12.0	14.6	7.2	9.2	11.2	4.6	6.0	7.3
7.5	18.9	24.1	29.2	9.6	12.3	14.9	7.4	9.4	11.4	4.8	6.1	7.4
8.0	19.4	24.6	29.7	9.9	12.5	15.1	7.6	9.6	11.6	4.9	6.2	7.5
8.5	19.8	25.0	30.2	10.1	12.7	15.4	7.8	9.8	11.8	5.0	6.3	7.6
9.0	20.3	25.4	30.6	10.3	13.0	15.6	7.9	10.0	12.0	5.1	6.4	7.7
9.5	20.7	25.8	31.0	10.5	13.2	15.8	8.1	10.1	12.1	5.2	6.5	7.8
10.0	21.1	26.2	31.4	10.7	13.4	16.0	8.2	10.3	12.3	5.3	6.6	7.9

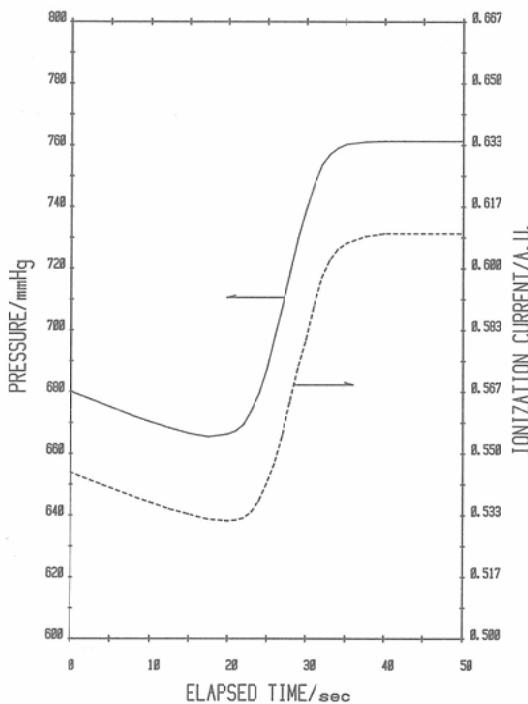


Fig. 7 Pressure time constant as a function of elapsed time

電流の圧力変化に対する遅れはわずかで、この値は10秒以下である。高真空条件では流体の移動はまわりの幾何学的配置に大きく作用されるが、大気条件下での流体の移動は極めて迅速であることがわかる。線量測定に於て JAPM 電離箱の気圧変化に対する時間的なずれの影響は問題とならないことがわかる。

3) 気圧計の安定性

フォルタン精密水銀気圧計を基準器としたが、これには温度・緯度・高度・毛管補正を加えて真値を算定した。約1年間にわたる気圧の比較測定の結果を Fig. 8 及び Fig. 9 に示すが、日曜・祭日等は測定していないので横軸はそれらを引いた測定実日数を示す。Fig. 8 はアネロイド大型精密気圧計 (Std) の結果で、3点を除けば士0.1%以内で標準値と一致し、全体でも士0.2%以内で一致している。IAEA から出版された“放射線治療用線量計の校正”⁴⁾によれば、2次標準線量測定研究所では常に0.1%以内の精度で気圧を決定できなければならないと提案しているが、このこと

を満足するためには少くともアネロイド型ではこの Std 以上の測定器を必要とする。日本医学放射線学会に設置された医療用線量地区センターにはこの程度以上の気圧計を設置することが望ましい。

Fig. 9 は3種類の小型アネロイド気圧計についての測定結果を示す。縦軸は一目盛が0.2%を示している。4th-Lab は標準値に対する変動が士0.25%以内に納まっている。この気圧計は測定のたびに照射場所を持って行くため、運搬時に多少の振動が加わり、それに由来する誤差も含んでいる。図の最終部分は長期間持出したため、測定値が途切れている。M も士0.25%以内であるが、これは常に実験室に固定した状態で測定を行なった。No-1は他の2つにくらべると最も変動が大きく、約士0.5%以内であった。これも固定状態で測定したものであるが、変動が大きい。この様な気圧計では最早正確な測定は不可能である。一般に小型アネロイド気圧計では温度変化に対する補正機構が付いている場合は稀れで、また振動防止

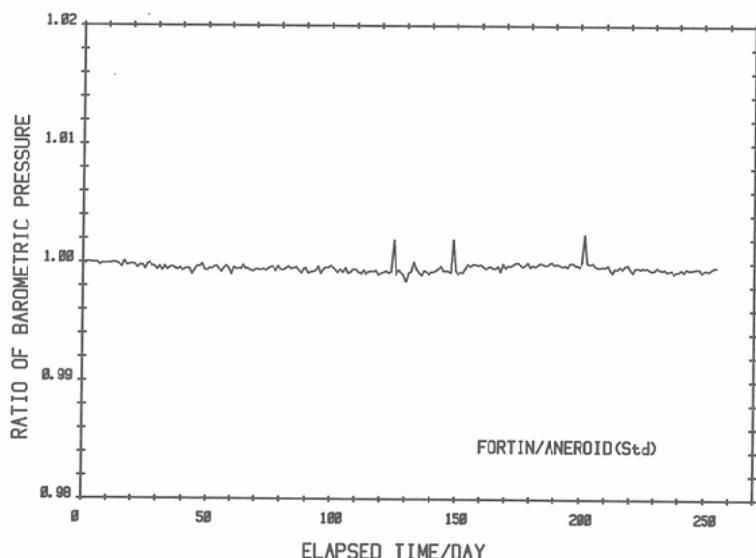


Fig. 8 Ratio of barometric pressure against elapsed time

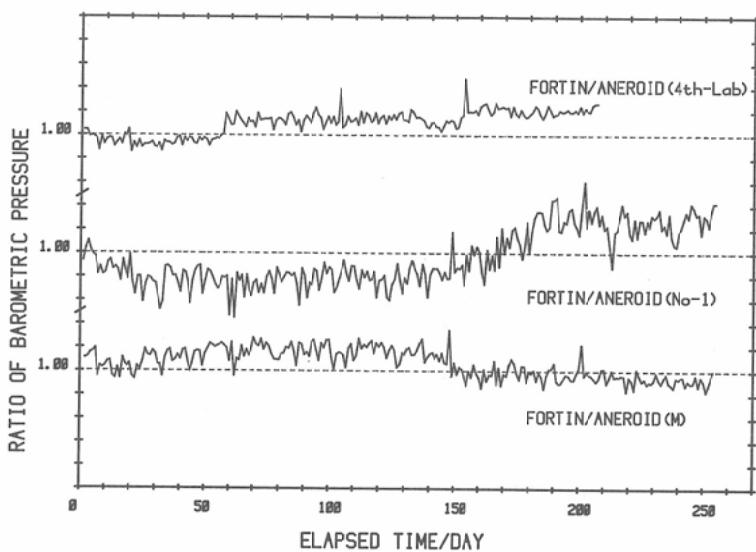


Fig. 9 Ratio of barometric pressure against elapsed time

機構についても同じことが言える。そのため少しの振動でも指示値が大きく狂うことがしばしば見受けられる。Fig. 8 と Fig. 9 の測定を行なったときの室温は12°C~28°Cの範囲であったが、その頻度分布はほぼ一様であった。バラツキが大きいので温度と変動の間の相関は見出せなかった。Fig. 10に測定時の標準気圧の日々の変化を示す。

約735mmHg~773mmHgまで変化していたことがわかる。Fig. 8 に表われた3カ所のピークと気圧や温度変化との関係は見られなかった。

考察及び結論

JAPM 電離箱の温度特性は条件(a)~条件(d)によって大きく異なるが、特に条件(a)では温度平衡に達するまでに長時間を必要とするので、

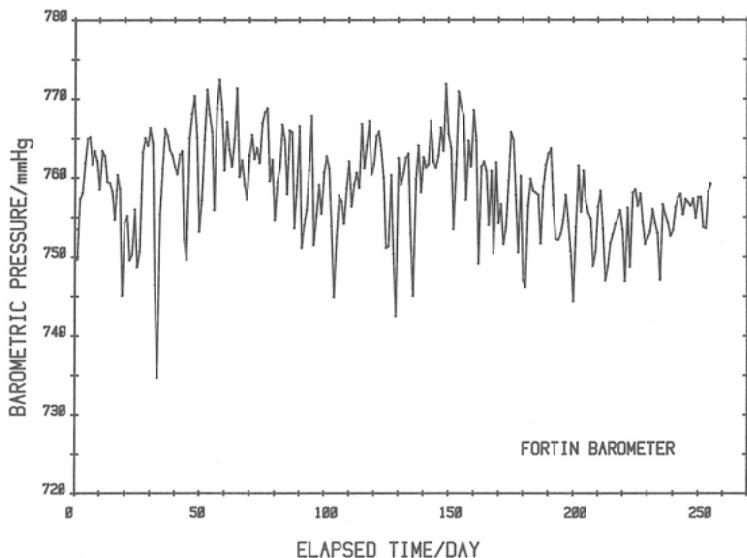


Fig. 10 Barometric pressure measured by a Fortin barometer

精密測定を行なう場合には Table 1 より適当な時間を求めて温度平衡を図る必要がある。現在放射線治療にはほとんど高エネルギー放射線が使用されており、特に⁶⁰Co ガンマ線か数 MV X線では条件(a)での測定がほとんどと考えられ、またより厚いビルドアップキャップを装着した測定も行なわれるが、この様な場合特に注意を要する。温度平衡時間を短縮する一方法は、セッティングの際ビルドアップキャップと電離箱を別々に照射室に放置することである。条件(b)及び条件(d)の測定は普通照射室内で行なわれるため、10分間程度のセッティング時間が必要であると考えればほとんど問題とならない。むしろ条件(d)ではファントム内の温度を正確に測ることが肝要である。条件(c)の測定は一般にセッティングが短時間で行なえることや、線源容器内と測定室との温度差が大きい可能性が強いため、少くとも電離箱挿入後10分間程度の平衡時間の後測定を開始することを推奨する。

電離箱の温度特性は電離箱の幾何学的構造とその材質に依存すると考えられ、特に壁厚に最も強く影響される。しかしそのため同型電離箱での製品差による影響は無視できる。JAPM 電離箱の

温度特性の結果から、他の型の電離箱の温度特性はその電離箱の壁厚に対して、条件(a), (b)について内挿または外挿することによって近似できる。日本医学放射線学会物理部会編による吸収線量の標準測定法³⁾には“電離箱と周囲との温度差が最初15°C以内では、空気中で約30分後、水中(3cm以上の深さ)で約15分後に電離箱の温度がそれぞれ室温および水温とほとんど等しくなる”と述べてある。条件(a)によるここでの実験結果によれば、0.1%の平衡温度に達するのに必要な時間は初期温度差が16°Cのとき30分となり、標準測定法の値と良く一致している。

JAPM 電離箱の電離気体はステム部を通して大気と接続を保っているが、この電離箱の気圧特性は10秒以下と極めて早い。一般に他の型の電離箱でも同様の構造が取られているため、気圧特性は問題にならないと結論できる。

基準温度計又は標準温度計として市販されている校正付き温度計を求めれば、±0.1°C(大気補正係数の変化は0.03%)以内の精度で温度が容易に測定可能である。しかし気圧をIAEAの推奨値(0.1%の精度)⁴⁾で測定することは容易ではない。このことを満足するためには校正された精密

水銀気圧計または精密アネロイド気圧計を用いる必要がある。小型アネロイド気圧計では製品によって異なり、また同型でも個体差があるので高い精度を望むことが不可能で、直前に校正した上での使用が望ましい。前記した気圧変化を電気信号として取り出せる気圧計は、一度校正しておけば高い精度を保持でき直読できる便利さがあるが、価格が高いのが欠点である。

線量測定に要する時間が短かくても、天候等による周囲の影響を受けて照射室の温度、気圧が急激に変化することは稀ではない。測定時間の長さに関係なく、常に温度および気圧のチェックをすることは線量測定の基本である。

この研究から導き出される結論は次の2つに大別される。

(1) 照射室の温度を精度良く求ることは容易であるが、測定条件によって電離箱の温度特性が大きく異なるため、測定精度に見合った温度平衡のための充分な時間の後に線量測定を開始す

る必要がある。

(2) 電離箱の気圧特性はほとんど問題とならないが、気圧を精度良く求めることは用いる気圧計に依存するため充分な注意が必要である。

稿を終るに当り気圧特性の測定に援助をいただいた安全課長吉川元之氏に心から感謝致します。

文 献

- 1) 尾内能夫、都丸禎三、入船寅二、内田 煉：水中および空気中における電離箱内空気の温度変化。日本医放会誌, 31: 96, 1971
- 2) Lowry, W.S.B.: Temperature and pressure time constants of an X-ray dosimeter. Brit. J. Radiol., 30: 332, 1957
- 3) 尾内能夫、楠本五郎：水と等価な固体 phantom の試作。日本医放会誌, 19: 1012—1016, 1959
- 4) IAEA Technical Report Series No. 185 (訳)：放射線治療用線量計の校正. NIRS-M-33, 1980, 放射線医学総合研究所
- 5) 日本医学放射線学会物理部会編：放射線治療における⁶⁰Co ガンマ線および高エネルギーX線の吸収線量の標準測定法：1972, 通商産業研究社