

# JRR-2 建家気密試験

1962年7月

日本原子力研究所

Japan Atomic Energy Research Institute

## JRR-2 建家気密試験

### 要 旨

JRR-2 建家のうち気密を要する部分，すなわち鉄板で覆われた炉室ならびに炉室と外界との連絡にあたる一般用エアロック室についておこなった気密・漏洩試験の結果をのべたものである。漏洩試験は圧力降下法およびフローテスト法によった。

1962 年 4 月

日本原子力研究所

JRR-2 管 理 課

## Leak Test of the JRR-2 Housing Building

### Summary

Leak tests were performed on the reactor building covered with steel sheets and the air-lock room as the doorway, the results of which are described in this report. The tests were conducted by the pressure decrease and flow test methods.

April, 1962

Japan Atomic Energy Research Institute

JRR-2 Operation Office

## 序 文

日本原子力研究所における第2号研究用原子炉 JRR-2 は熱出力 10MW, 平均熱中性子束密度  $2 \times 10^{14}$  n/cm<sup>2</sup>sec に設計された本格的な研究用原子炉である。日本原子力研究所は AMF 社との契約によりこの建設に着手したのであるが、この規模の炉は、当時わが国ではもちろんのこと世界的にも第1級の研究用原子炉であった。1958年4月この原子炉の建設に着手して以来、幾多の困難な問題がおこり、かつその大部分が未知の分野であり未経験の問題であったので、これを解決するため担当者のなみなみならぬ努力がはらわれたのである。1959年12月末原子炉の組立を完了、ひきつづき機能試験を開始したが、その後に第1次装荷燃料である20%濃縮ウラン燃料に問題が起り、この解決のためにも多くの努力がなされた。1960年10月1日 JRR-2 原子炉は臨界に達し翌年3月には第1次出力上昇目標である1000kW 運転に成功した。その後約半年間1000kW で370,000kWh 運転をおこなったが、さしたる問題も起らず良好な結果が得られている。

この報告は建設の当初から1000kW 運転にいたる間の技術的報告をまとめたものである。

なお、1961年11月には20%濃縮ウラン燃料を用い、第2次出力上昇試験で3000kW 運転に成功したことを付記する。(神原豊三)

1962年1月

本報告集は下記の諸編からなり、順次刊行の予定である。(太字は既刊)

- |  |   |
|--|---|
| No. 1 <b>JRR-2 の建設</b> (JAERI 6009)                | No. 6 <b>板状型合金燃料板の熱的安全性の検討</b> (JAERI 1026) |
| No. 2 <b>JRR-2 Cooling tower test</b> (JAERI 1022) | No. 7 JRR-2 第1次燃料と出力上昇 (JAERI 1027)         |
| No. 3 JRR-2 の機能試験 (JAERI 1023)                     | No. 8 放射線モニタリング (JAERI 1028)                |
| No. 4 JRR-2 における水、ガスの処理および分析 (JAERI 1024)          | No. 9 <b>JRR-2 建家気密試験</b> (JAERI 1018)      |
| No. 5 <b>JRR-2 の臨界実験と特性測定</b> (JAERI 1025)         |   |

本編の関係者はつぎのとおりである。

坂田 肇, 沢井 定, 金子 稔\*, 遠藤雄三, 北原種道, 小山田六郎, 岩下 利, 笠原佐偉

\* 現在は関西電力株式会社

## 目 次

1. 緒 言	1
2. 気密室漏洩試験	1
2.1 一般用気密室の概要	1
2.2 漏洩試験の方法	2
2.2.1 圧力降下法	2
2.2.2 フローテスト法 (室内圧力と外気圧力の差を一定に保つ法)	2
2.3 圧力降下法における解析	2
2.3.1 基礎式	2
2.3.2 基礎式の係数 $A$ , $B$ および $q$ の求め方	2
2.4 測定結果	5
2.4.1 圧力降下法	5
2.4.2 フローテスト法	8
3. 炉室気密試験	8
3.1 炉室概要	8
3.2 気密試験の方法	8
3.3 測定結果	10
3.4 結果の検討	11

## CONTENTS

1. Introduction .....	1
2. Leak Test of the Air-tight Room .....	1
2.1 Outline of the personnel air-lock room .....	1
2.2 Methods of leak-test.....	2
2.2.1 Pressure-decrease method .....	2
2.2.2 Flow-test method .....	2
2.3 Analysis in the pressure decrease method .....	2
2.3.1 Fundamental equation .....	2
2.3.2 Determination methods of the coefficients $A$ , $B$ , and $q$ in the above equation .....	2
2.4 Measuring Results.....	5
2.4.1 Pressure-decrease method.....	5
2.4.2 Flow-test method .....	8
3. Leak Test of the Reactor Room.....	8
3.1 Outline of the reactor room .....	8
3.2 Method of leak test .....	8
3.3 Measuring results .....	10
3.4 Discussion of the results.....	11

## 1. 緒 言

昭和34年2月JRR-2炉室の完成に伴い、同年6月から数回にわたり、その気密試験をおこなった。

これは炉室内測定室(1階)、制御室(2階)ならびに炉室地下(ポンプ室、ファン・フィルター室、排水タンク室など)を含むいわゆる気密構造の部分(9,700 m<sup>3</sup>)を対象としたものである。炉室と外界との連絡通路に当る2つの気密室、すなわち一般用エアロック室(53.5 m<sup>3</sup>)およびトラック用エアロック室(53.5 m<sup>3</sup>)についてもそれぞれ気密度をしらべなければならない

が、これら2室は炉室に先行して設置されたので、その漏洩試験は前記気密試験より早く昭和33年8~9月、炉室とは別個におこなわれた。

以下これらの気密・漏洩試験の方法ならびに結果について報告する。なお、エアロック室に関しては、試験の一部がすでに発表されているため重複をさけ\*、ここでは一般用エアロック室を対象とした未発表のもののみを記載する。(宇野記)

## 2. 気密室漏洩試験

### 2.1 一般用気密室 (personnel air-lock room) の概要

JRR-2 personnel air-lock room の目的は、人の出

入に際して炉室内の空気と外界のそれとが直接接触しないよう、また炉室内における事故の場合放射性を帯びた気体を含んだ空気を炉室内に密閉し、必要があれば煙突からモニターしながら排出できるようにするこ

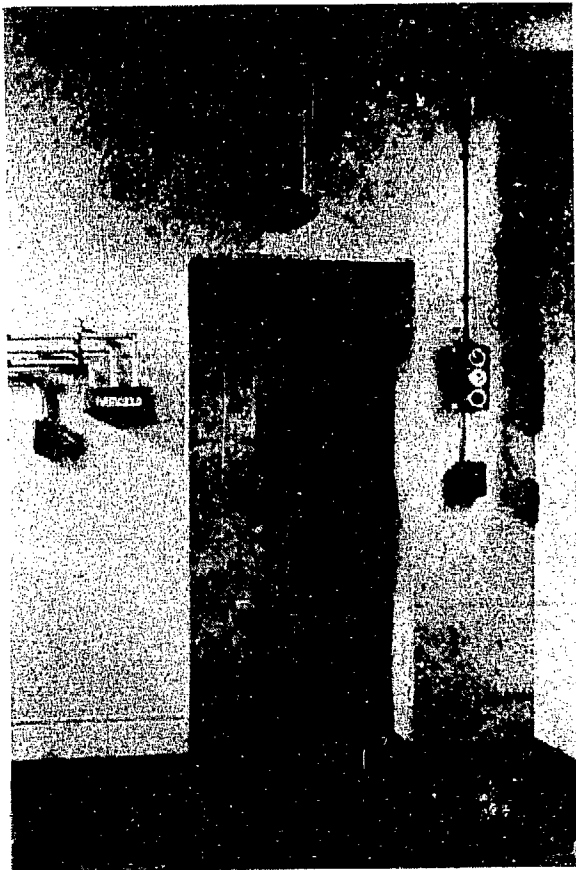


Fig. 1 Personnel air-lock

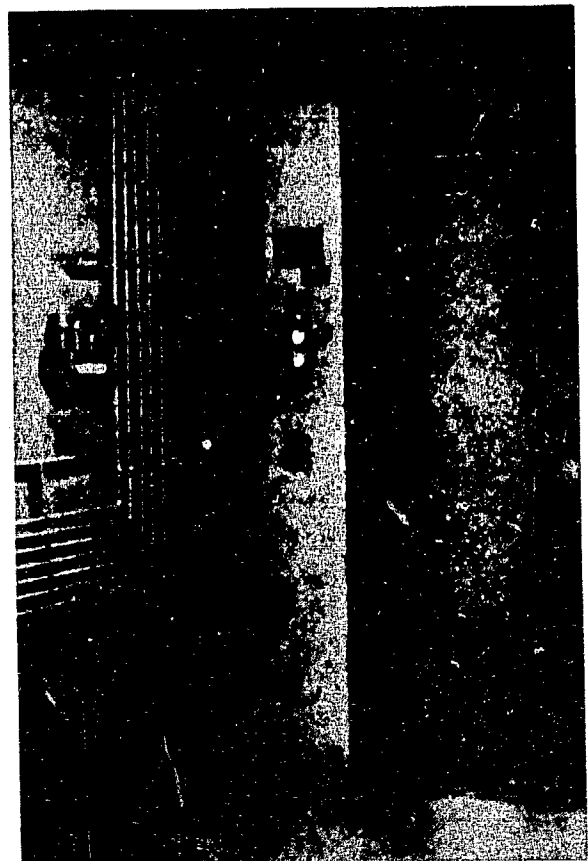


Fig. 2 Personnel air-lock

\* 大村, 能美, 坂田, 金子: JRR-2 建家の気密試験方法について. 日本建築学会論文集, 第63号, 昭和34年10月, p. 89~91.

とである。したがって、その構造は Fig. 1 から Fig. 3 までに示すとおり二重扉型式が採用され、またその気

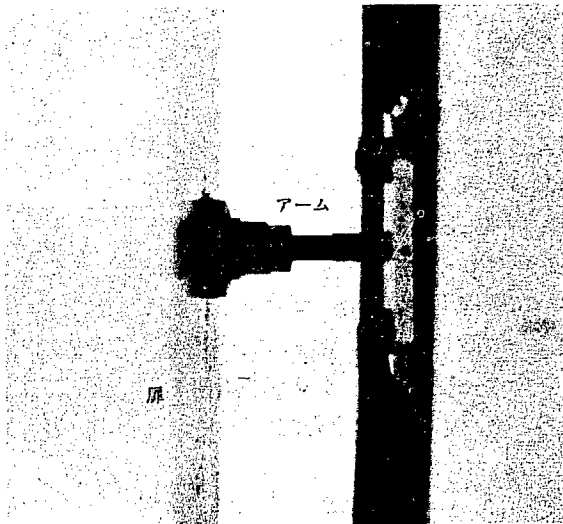


Fig. 3 Pressing arm for door

密性が要求される。すなわち、室内には圧縮空気の配管がなされ、それにより扉の作動および扉を空気チューブに圧着して気密が保たれるようになっている。

室内は鉄板溶接の内張りがあり気密性に十分な考慮が払われている。

## 2.2 漏洩試験の方法

試験は次の2つの方法を採用し、漏洩量を求めた。

### 2.2.1 圧力降下法

室内の圧力を高めて“室内圧力降下と時間”の関係を求め、3 にのべる解析を加えて漏洩量を算出する。

なおこの場合、室内温度は室内5カ所に“銅-コンスタンタン”熱電対を設け、電位差計式温度計を用いて測定し、室内圧力と外気圧力の差は“水柱マノメータ”および“ゲッチング差圧計”を用いて計測した。

### 2.2.2 フローテスト法 (室内圧力と外気圧力の差を一定に保つ法)

Fig. 4 に示すとおり、コンプレッサの弁をとおつて恒温槽をでた空気は入口のガスメーター G<sub>1</sub> を経て室内に流入する。室内圧力と外気圧の差を常に一定に

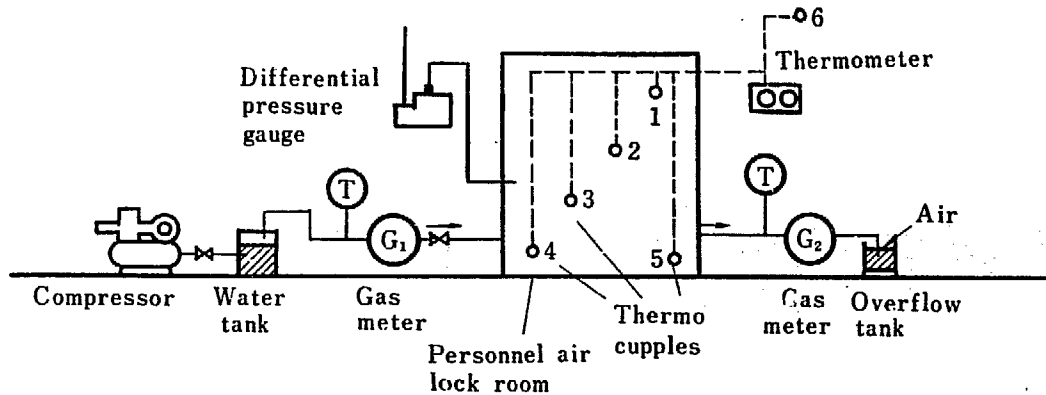


Fig. 4 Layout of measurement equipment

保つため出口に“オーバーフロー水槽”を設け、差圧一定のもとに放出する。したがって漏洩量は Fig. 4 において給気側と排気側のガスメーターの読みの差から求められる。

この場合も室内温度変化と外気圧変化により漏洩量は影響されるので 2.1 の場合同様、それらの計測をおこなった。

## 2.3 圧力降下法における解析

### 2.3.1 基礎式

この際“室内圧力降下と時間”の間には次の関係が成立する。

$$-\frac{dP}{dt} = AP + B\sqrt{P} - (q + r_1 + r_2) \dots\dots\dots (1)$$

ここに P: 室内圧力と外気圧力の差

$\left(\frac{U_0}{P_0}\right)AP$ : 粘性流による洩れ。A は常数

$\left(\frac{U_0}{P_0}\right)B\sqrt{P}$ : 噴流による洩れ。B は常数

$\left(\frac{U_0}{P_0}\right)q$ : 圧縮空気系から室内への逆洩れこみ。q は圧縮空気系の圧力が室内圧力と外気圧力の差に比較して非常に高いので一定とみなせる。

$\left(\frac{U_0}{P_0}\right)r_1$ : 室内温度変化による等価洩れこみ。ただし測定中の温度変化を直線近似する。

$\left(\frac{U_0}{P_0}\right)r_2$ : 外気圧力変化による等価洩れこみ。ただし測定中の圧力変化は直線近似する。

P<sub>0</sub>: 外気圧力

U<sub>0</sub>: 室内容積

### 2.3.2 基礎式の係数 A, B および q の求め方

a) その1

(1) 式から次式が導かれる。

$$-\left[\left(\frac{dP}{dt}\right)_{P=P_i} - \left(\frac{dP}{dt}\right)_{P=P_j}\right] = A(P_i - P_j) + B(\sqrt{P_i} - \sqrt{P_j}) \dots\dots\dots (2)$$

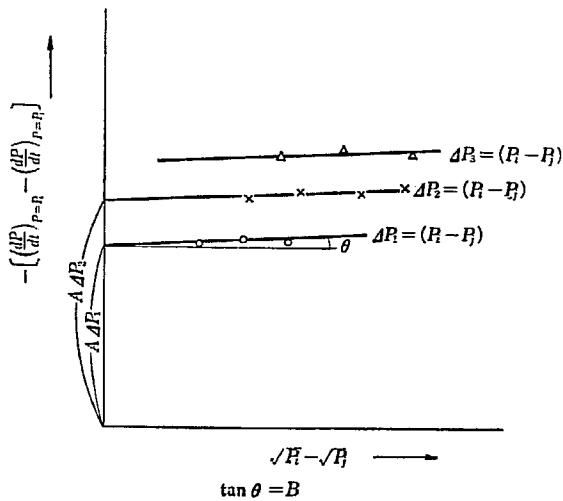


Fig. 5(a)  $(\sqrt{P_i} - \sqrt{P_j}) - \left[ \left( \frac{dP}{dt} \right)_{P=P_i} - \left( \frac{dP}{dt} \right)_{P=P_j} \right]$  diagram

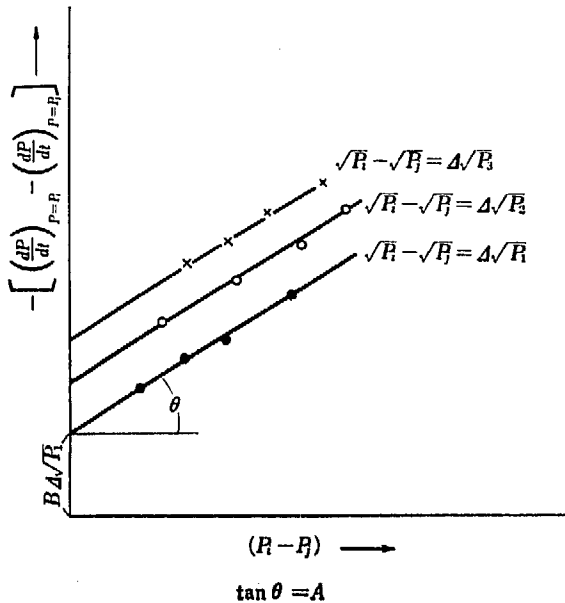


Fig. 5(b)  $(P_i - P_j) - \left[ \left( \frac{dP}{dt} \right)_{P=P_i} - \left( \frac{dP}{dt} \right)_{P=P_j} \right]$  diagram

ここで  $(P_i - P_j)$  の値をパラメーターにとり、 $i$  と  $j$  を変えると、Fig. 5(a) のような平行直線群が  $-\left[ \left( \frac{dP}{dt} \right)_{P=P_i} - \left( \frac{dP}{dt} \right)_{P=P_j} \right] - (\sqrt{P_i} - \sqrt{P_j})$  平面上に得られる。

そしてこの直線群と  $-\left[ \left( \frac{dP}{dt} \right)_{P=P_i} - \left( \frac{dP}{dt} \right)_{P=P_j} \right]$  軸の交点が  $A(P_i - P_j)$  を与え、直線群の傾斜が  $B$  を示すことになる。

また  $(\sqrt{P_i} - \sqrt{P_j})$  をパラメーターにとれば、同様な手順により Fig. 5(b) が得られる。

この場合は平行直線群の傾斜が  $A$  となり、直線群と  $-\left[ \left( \frac{dP}{dt} \right)_{P=P_i} - \left( \frac{dP}{dt} \right)_{P=P_j} \right]$  軸の交点が

$B(\sqrt{P_i} - \sqrt{P_j})$  となる。

b) その2

(1) 式を書き替えて次の形にする。

$$AP_i + B\sqrt{P_i} + \left[ \left( \frac{dP}{dt} \right)_{P=P_i} - (q+r_1+r_2) \right] = 0 \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで  $A$  および  $B$  を変数と見なし、この式を平行直線座標に表わすと点となる。この座標は  $y$  軸を平行直線座標軸間の中点をとってこれらに平行にとり、 $x$  軸を  $y$  軸に直角にとると次のように表される。

$$x_i = -(P_i - \sqrt{P_i})\delta / (P_i + \sqrt{P_i}) \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$y_i = -\left[ \left( \frac{dP}{dt} \right)_{P=P_i} - (q+r_1+r_2) \right] / (P_i + \sqrt{P_i}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここに  $\delta$  は平行座標間の距離の  $1/2$  である。

$P_i$  を  $P_j, P_k \dots$  と変えてゆくと、これに対応して点も Fig. 6(a) に示すように移動するが、この点の軌跡は直線となる。これは、(3)式において  $P$  を  $P_i, P_j \dots$  と変えても、 $A$  と  $B$  は常数であることか

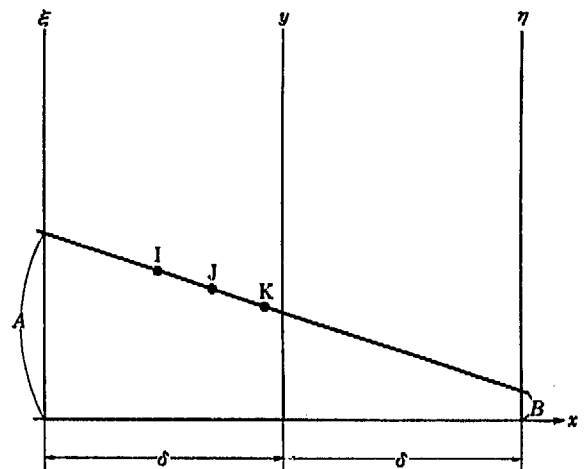


Fig. 6(a)  $\eta$ - $\epsilon$  diagram

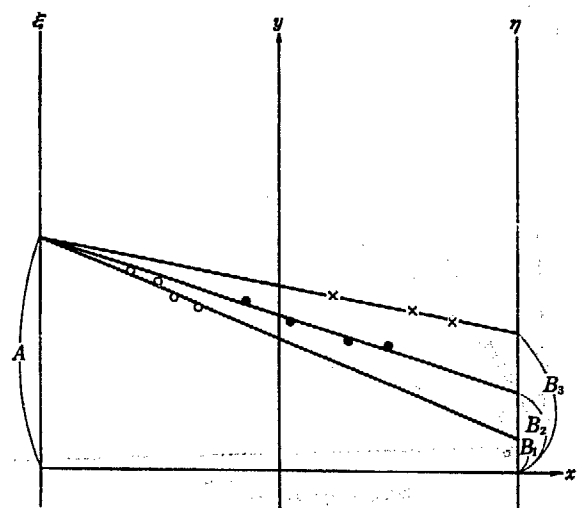


Fig. 6(b)  $\eta$ - $\epsilon$  diagram



ら容易に結論され、この軌跡を求めると A と B はただちに求められる。

圧力単位を変えるとこの軌跡の直線は変わるけれど、A は [1/時間] の次元を持っているから Fig. 6(b) に示すように、ξ 軸の一点でたがいに交る。もちろんこの場合 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, … はたがいに等価である。

また B=0 の場合は、これらの直線はたがいに重なり合ってしまう。

しかしまだ q が求められていないがこれは次のようにして求める。

(3) 式から次式がでてくる。

$$(q+r_1'+r_2') = \left(\frac{dP}{dt}\right)_{P=0} \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{あるいは } (q+r_1''+r_2'') = AP_0 + B\sqrt{P_0} \dots\dots (7)$$

ここに P<sub>0</sub> は (dP/dt)<sub>P=P<sub>0</sub></sub>=0 の際の値である。

なお'および''を r<sub>1</sub> および r<sub>2</sub> に付したのは、これらの測定時と“圧力降下法”の測定時において、室温と外気圧の影響割合が異なるためである。

したがって personnel air-lock 室の扉を閉めて P=0 より personnel air-lock 室内の圧力上昇と時間の関係を求めれば、Fig. 7 のように、(q+r<sub>1</sub>'+r<sub>2</sub>') が P=0 の点の傾斜として求められる。

あるいは (7) 式より q の値が A および B の関数として得られるから、(3) 式に代入すると

$$A(P_i - P_0) + B(\sqrt{P_i} - \sqrt{P_0}) + \left[ \left(\frac{dP}{dt}\right)_{P=P_i} - (r_1 - r_1'') - (r_2 - r_2'') \right] = 0 \dots\dots\dots (3')$$

が得られる。

よって (3') 式を表す点の軌跡は

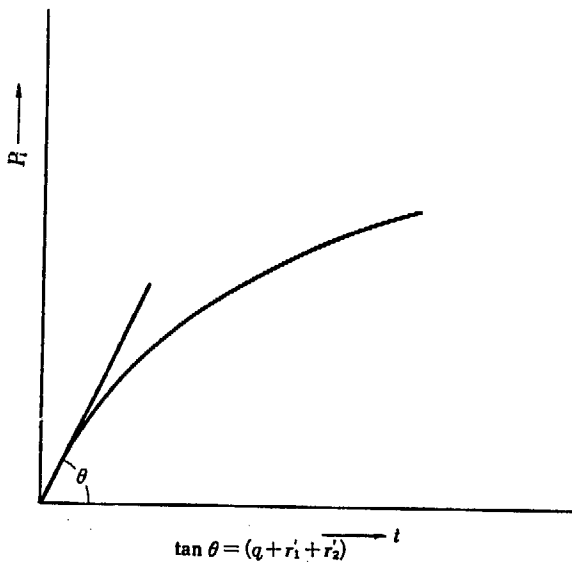


Fig. 7 t-P<sub>i</sub> diagram

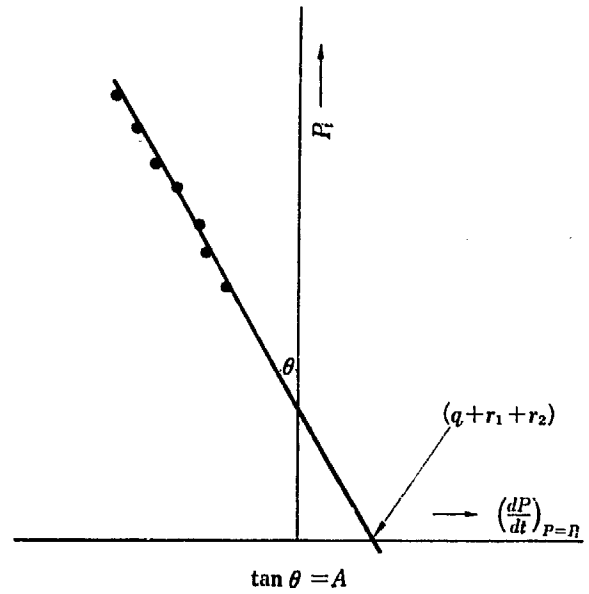


Fig. 8  $\left(\frac{dP}{dt}\right)_{P=P_i} - P_i$  diagram

$$x_i = \frac{-[(P_i - P_0) - (\sqrt{P_i} - \sqrt{P_0})]\delta}{[(P_i - P_0) + (\sqrt{P_i} + \sqrt{P_0})]} \dots\dots\dots (8)$$

$$y_i = \frac{-\left[\left(\frac{dP}{dt}\right)_{P=P_i} - (r_1 - r_1'') - (r_2 - r_2'')\right]}{[(P_i - P_0) + (\sqrt{P_i} - \sqrt{P_0})]} \dots\dots\dots (9)$$

で示されるから、ただちに A および B を求めることができる。

c) B=0 の場合 (その1)

この場合は (3) 式が次の形になる。

$$AP_i + \left(\frac{dP}{dt}\right)_{P=P_i} - (q+r_1+r_2) = 0 \dots\dots\dots (10)$$

すなわち、P<sub>i</sub> と (dP/dt)<sub>P=P<sub>i</sub></sub> が 1 次関係にあるから

Fig. 8 のように両者の関係を求めると、A および (q+r<sub>1</sub>+r<sub>2</sub>) はただちに求められる。

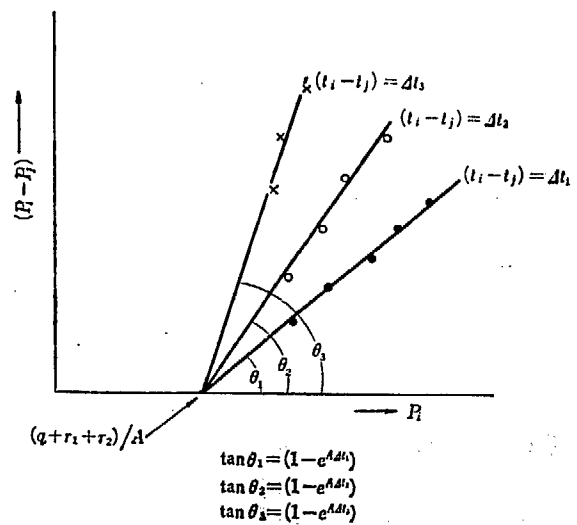


Fig. 9 P<sub>i</sub>-(P<sub>i</sub>-P<sub>j</sub>) diagram

d)  $B=0$  の場合 (その2)

(10) 式を積分した形にすると

$$P_i - (q+r_1+r_2)/A = C e^{-At} \dots\dots\dots (11)$$

あるいは

$$(P_i - P_j) = \left[ 1 - e^{-A(t_j - t_i)} \right] \left[ P_i - \frac{q+r_1+r_2}{A} \right] \dots\dots\dots (12)$$

が得られる。したがって  $(t_j - t_i)$  をパラメーターにして  $i$  および  $j$  を変えて (12) 式を  $(P_i - P_j)$  を  $y$  軸に  $P_i$  を  $x$  軸にとってプロットすれば, Fig. 9 に示すような直線群が得られる。これらの直線は  $P_i$  軸上の一点でたがいに交っている。そしてこの点の値は  $(q+r_1+r_2)/A$  を与え, 直線群の傾斜は  $[1 - e^{-A(t_j - t_i)}]$  に等しい。

ここで  $i$  と  $j$  はたがいに交換できるから  $|t_j - t_i|$  に対し直線は 2 本引けることになる。なおこのようにして整理したとき直線群が得られ, しかもこれら直線群が  $P_i$  軸上の一点に交っている場合は, 逆に  $B$  が 0 であると推論できる。

2.4 測定結果

2.4.1 圧力降下法

測定結果は TABLE 1 および Fig. 10 に示すとおりである。これより室内温度変化と外気圧力変化の影響はそれぞれ  $-1.5 \text{ mm aq/hr}$  および  $-1.0 \text{ mm aq/hr}$  といえる。

(解法—1) (2.3, 2) a) の法)

TABLE 1 Test results of air-lock room (pressure drop method) (a)

Time (min)	Pressure in room (mm aq)	Temp. in room (°C)	Temp. in atmosphere (°C)	Pressure in atmosphere (mm Hg)
0	268	19.1	17.8	762.6
4	266	19.1	17.8	762.7
8	262	19.0	17.7	
12	257	18.9	17.7	
15	254	18.9	17.7	
20	249	18.9	17.7	762.8
30	241	18.9		
40	231		17.3	
50	223	18.8	17.2	762.5
60	215	18.9	17.2	
70	208			
80	201	18.9	17.1	
90	194		16.9	
100	187			
110	181	18.9	16.9	763.0
120	175			
130	169		16.9	762.9
140	163	18.9		
150	159			763.0
160	155			
170	149			
175	146	18.8	16.8	763.0

(b)

Time $t$ (min)	Pressure in room $P_i$ (mm aq. G)	$\sqrt{P_i}$	$\left(\frac{dP}{dt}\right)_{P=P_i}$ (mm aq/hr)
0	268	16.39	60
20	249	15.81	55
30	241	15.52	52
40	231	15.20	50
50	223	14.93	48
60	215	14.66	46
70	208	14.42	44
80	201	14.18	42
90	194	13.93	40
100	187	13.67	38
110	181	13.45	36
120	175	13.23	35
130	169	13.00	33
140	163	12.77	31
150	159	12.61	30
160	155	12.45	29
170	149	12.25	28
175	146	12.08	

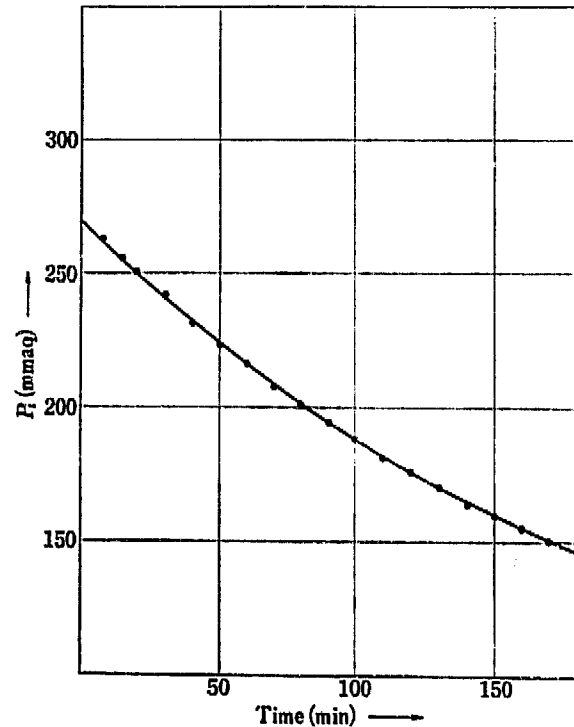


Fig. 10  $t-P_i$  diagram

$(P_i - P_j)$  をパラメーターとして  $-\left[\left(\frac{dP}{dt}\right)_{P=P_i}\right]$  と  $(\sqrt{P_i} - \sqrt{P_j})$  の関係を求めると Fig. 11(a) のようになるから,  $A$  および  $B$  はそれぞれ  $A \approx 0.27 \text{ (1/hr)}$   $B \approx 0$

と求められる。  $q$  は縦軸に  $AP_i + B\sqrt{P_i}$  の値を横軸に  $-\left(\frac{dP}{dt}\right)_{P=P_i}$  の値をとれば Fig. 11(b) に示すように  $(q+r_1+r_2)$  として  $12.5 \text{ mm aq/hr}$  が得られる。

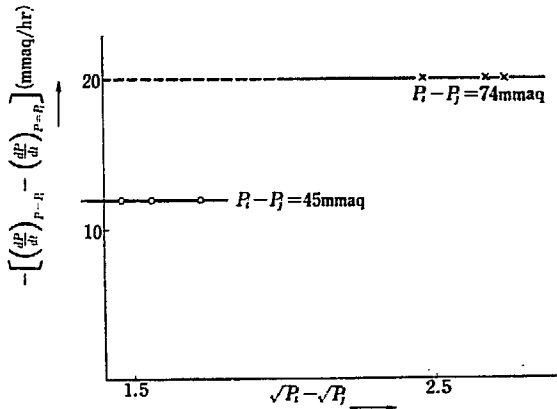


Fig. 11(a)  $(\sqrt{P_1} - \sqrt{P_2}) - \left[ \left( \frac{dP}{dt} \right)_{P=P_1} - \left( \frac{dP}{dt} \right)_{P=P_2} \right]$  diagram

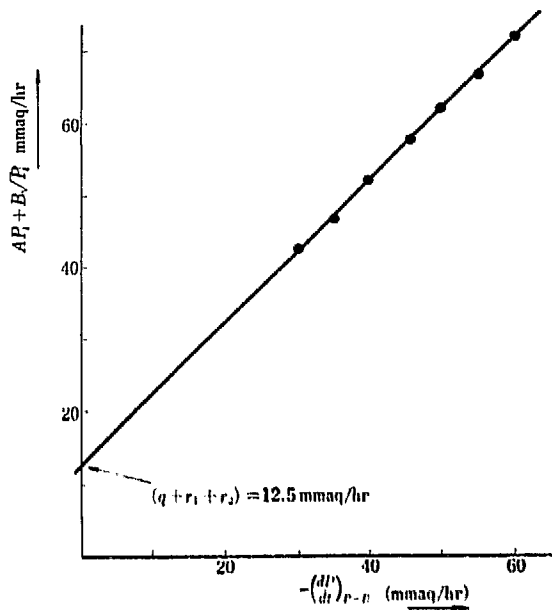


Fig. 11(b)  $\left( \frac{dP}{dt} \right)_{P=P_1} - (AP_1 + B\sqrt{P_1})$  diagram

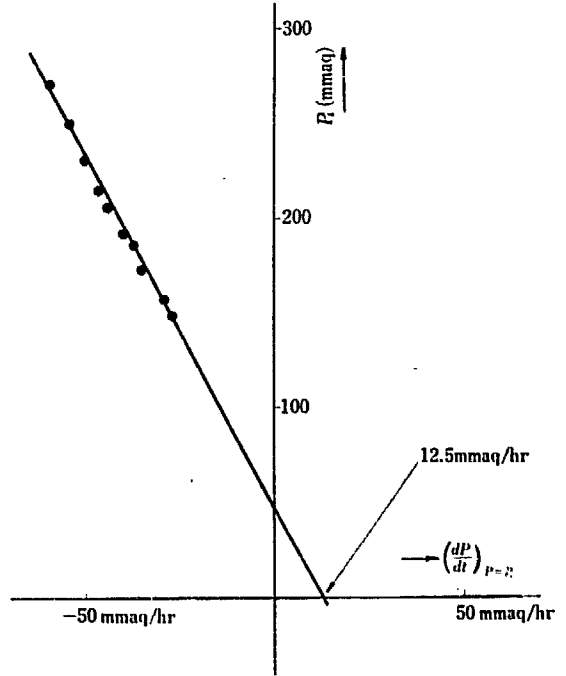


Fig. 12  $\left( \frac{dP}{dt} \right)_{P=P_i} - P_i$  diagram

(解法—2) [2.3, 2) C) の法]

Fig. 12 のように  $P_i$  と  $\left( \frac{dP}{dt} \right)_{P=P_i}$  の関係を描くと直線関係にあるから  $B=0$  と見なせる。

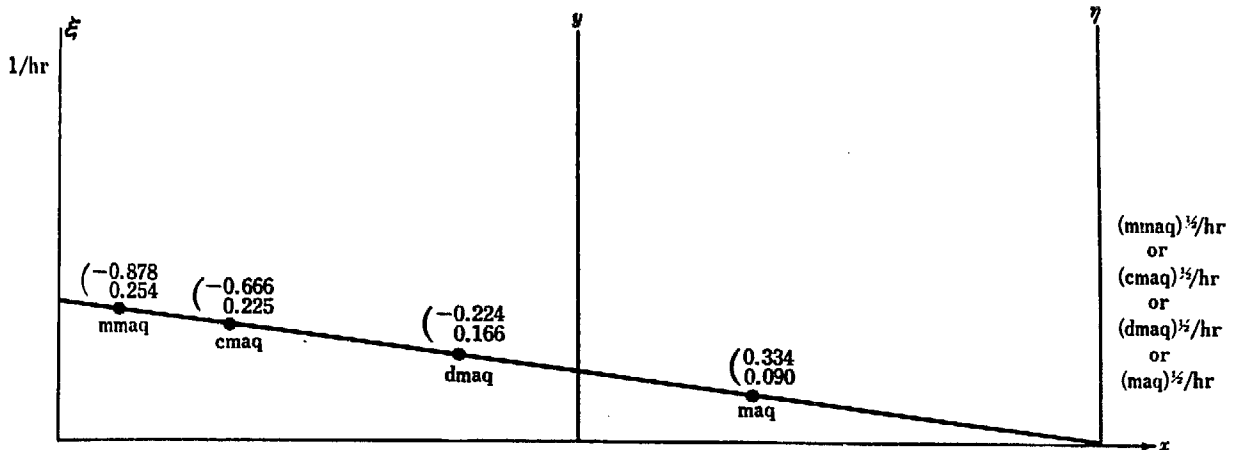
$(q + r_1 + r_2)$  はこの直線と  $\left( \frac{dP}{dt} \right)_{P=P_i}$  軸との交点から求まり、 $A$  は直線の傾斜より決定される。すなわち

$$A \doteq 0.27 \text{ (1/hr)}$$

$$B \doteq 0$$

$$q = 15 \text{ (mm aq/hr)}$$

いま、2.3.2 b) の法を確かめるため、この  $q$  の値を用い、(4) および (5) 式にしたがって、測定結果



Above points are for the same data ( $t_i=20\text{min}$ )

Fig. 13  $\eta$ - $\xi$  diagram

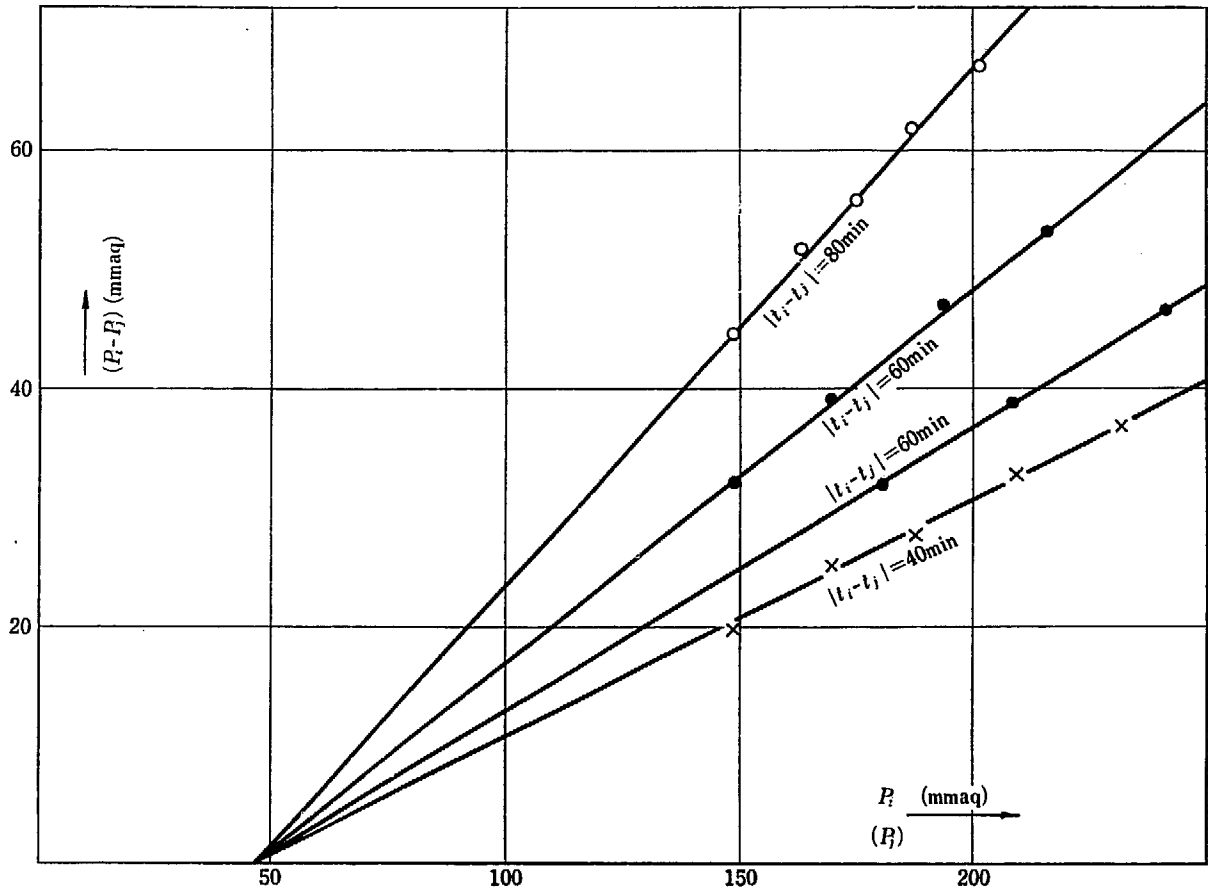


Fig. 14  $P_t - (P_t - P_j)$  diagram

TABLE 2 Test results of air-lock room (flow-test method)  
(a)

Time (min)	Pressure diff. between in room and atmosphere (mm aq)	Gas meter $G_1$			Gas meter $G_2$			Atmospheric pressure (mmHg)	
		Temp. (°C)	Pressure (mmHg G)	Flow rate (l/min)	Temp. (°C)	Pressure (mmHg G)	Flow rate (l/min)		
0	260.5							762.0	
1	259.5								
3	258.5								
4	259.0								
5	259.0	21	38	4.19	21.4	≈ 0	0.1305		
6	258.5								
8	258.5								
10	258.5	21	38	4.21	21.4	≈ 0	0.1302		
11	258.2								
12	258.0								
13	258.2	21	38	4.18	21.4	≈ 0	0.1302		
14	258.0								
15	257.8								
16	257.7	21	38	4.19	21.4	≈ 0	0.1302		
17	258.0								
18	258.0								
19	258.0	21	38	4.17	21.4	≈ 0	0.1276		
20	258.0								
21	258.2								
22	258.3	21	38	4.17	21.4	≈ 0	0.1333		
23	258.0								
24	258.0								
25	258.3	21	38	4.17	21.4	≈ 0	0.1333		
26	258.0								
27	258.2								
28	258.4	21	38	4.17	21.4	≈ 0	0.1333		
29	258.2								
Mean	258.2			4.19		≈ 0	0.13		762.5(at 60 min)

(b)  
Temp. in room (C°)

Time	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
0	22.8	22.4	22.4	22.3	22.3	18.2
30	22.7	22.4	22.3	22.3	22.3	18.2

を平行直線座標にプロットすると Fig. 13 のように 1 つの直線が得られ (圧力単位を変えても全部この直線にのる),  $A$  および  $B$  は

$$A \doteq 0.27 \text{ 1/hr}$$

$$B \doteq 0$$

と決定される.

(解法—3) (2.3.2 d) の法]

測定結果を整理して ( $P_i - P_j$ ) と  $P_i$  の関係を求めると, Fig. 14 が得られ, 直線群が  $P_i$  軸上の一点でたがいに交っている. よって  $B=0$  と推論でき,  $A$  および  $q$  は 3, 2), d) にのべたようにして求められ,

$$A = 0.27 \text{ (1/hr)}$$

$$B = 0$$

$$q = 15 \text{ (mm aq/hr)}$$

と得られる.

したがって, 室内容積  $53.5 \text{ m}^3$  であるから, 室内圧力と外気圧力の差  $280 \text{ mm aq}$  で漏洩量は

噴流型洩れ = 0

粘性流型洩れ =  $9.3 \text{ m}^3/\text{day}$

高圧装置よりの逆洩れこみ =  $1.9 \text{ m}^3/\text{day}$

見掛けの洩れ =  $7.4 \text{ m}^3/\text{day}$

と結論される.

#### 2.4.2 フローテスト法

測定結果を TABLE 2 に示す. これから  $258.2 \text{ mm}$  の圧力差で

給気量 =  $6.03 \text{ m}^3/\text{day}$

排気量 =  $0.19 \text{ m}^3/\text{day}$

室内圧と外気圧差 =  $258.2 \text{ mm aq}$

外気圧力の影響 =  $0.84 \text{ m}^3/\text{day}$

室内温度変化の影響 = 0

が得られるから前と同条件で見掛けの漏洩量は次のようになる.

見掛けの洩れ =  $5.5 \text{ m}^3/\text{day}$

( $280 \text{ mm aq}$  の圧力差において)

(沢井記)

## 3. 炉 室 気 密 試 験

### 3.1 炉室概要

JRR-2 原子炉室は半球状の屋根を有する正 27 角形の建物で, 直径  $25 \text{ m}$ , 地上高さ (屋根の中央まで)  $18.2 \text{ m}$ , 炉室地下の深さ約  $6 \text{ m}$ , 鉄筋コンクリート造り・一部鉄骨とし, 外側を  $4.5 \text{ mm}$  鉄板で覆い気密構造になっている (Fig. 15 参照). また, 炉室内は空気調整をおこなうとともに, その圧力が常に外圧より水柱約  $5 \text{ cm}$  の負圧になるように圧力調整される.

外側の鉄板は, 建設工事中, その溶接部延べ  $3 \text{ km}$  をバブルテストをおこない, 洩れている部分はその都度溶接し直した. また, 鉄製気密構造の貫通部は別に次のごとくテストした. すなわち, 炉室を負圧にして 2 つの非常用ハッチ, 3 つのアルミニウム製ファースト, チョッパー実験用孔蓋, ダクト, 給排水・ガスの諸配管の炉室壁貫通部, コパールシールをバブルテストした. このうちアルミ製蓋および諸配管貫通部は, 再三にわたって, やり直ししなければならなかった. これらの予備試験の後, 測定に入った.

### 3.2 気密試験の方法

先におこなわれた, 一般用エアロック室およびトラック用エアロック室のリークテストの経験に基づき, 炉室のリークテストは, フローテスト法による.

この方法は Fig. 16 のようにコンプレッサーで空気を送り込みながら, オーバーフロー水槽を使って炉室内と大気との差圧を常に一定にして, ガスメーターで, 送り込み量と吐き出し量の差を, リークとして読みとる方法である. 炉室内圧力が常時,  $0.1 \text{ psig}$  になるように, 吐き出し口を水槽に  $70 \text{ mm}$  入れ, 出入口の流量は, いずれも乾式ガスメーターを使用して測った.

いま, 時刻  $t_1$  における圧力, 温度を,  $P_1, T_1$ , 時刻  $t_2$  における圧力, 温度を,  $P_2, T_2$  とし,  $t_1 \rightarrow t_2$  で差圧を一定にするため, 送り込んだ空気の量を  $\Delta V$  (吐き出した場合は負として代数和をとる) とすると,  $t_1, t_2$  間のリークによる圧力降下は,

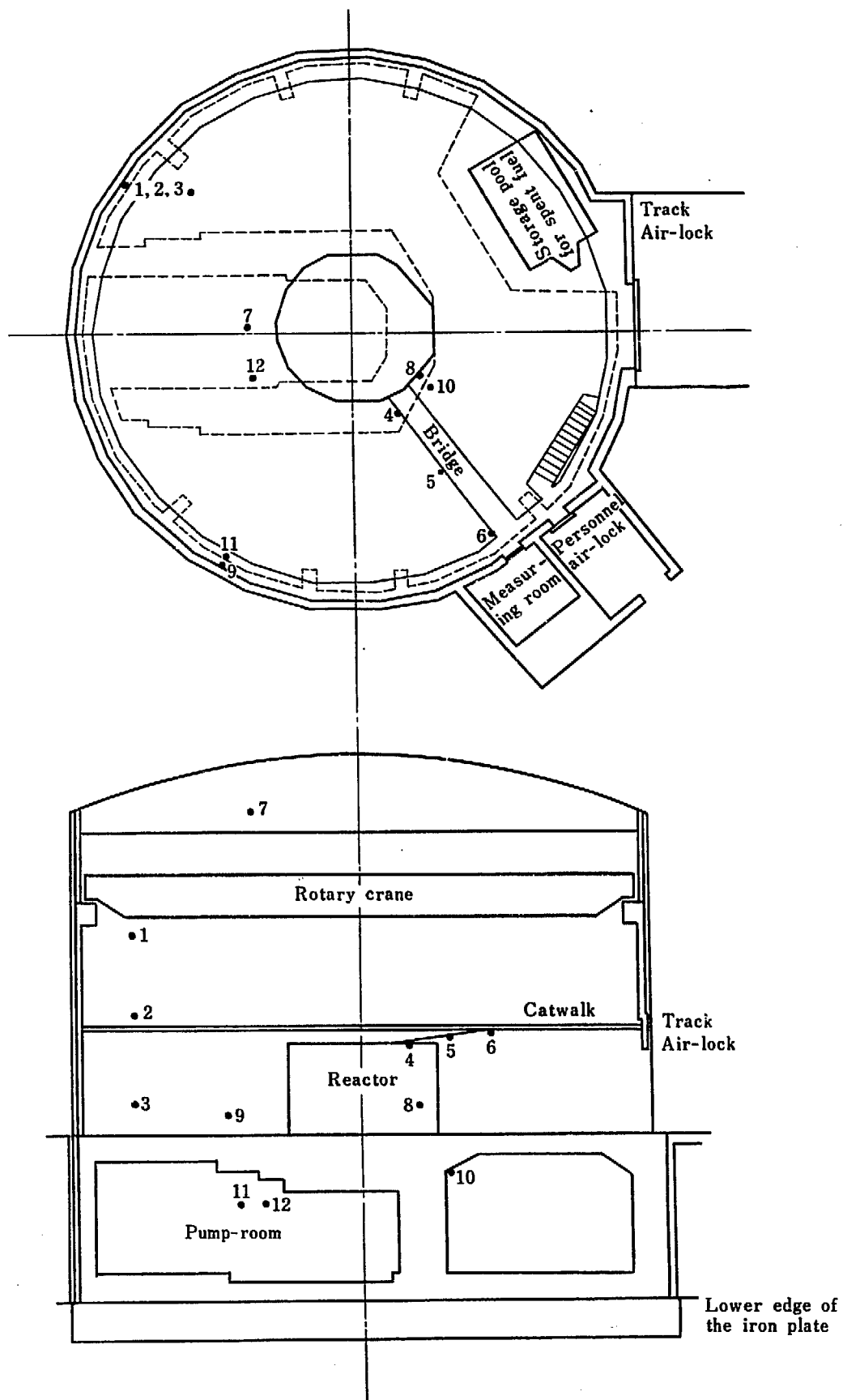


Fig. 15 Thermocouple position

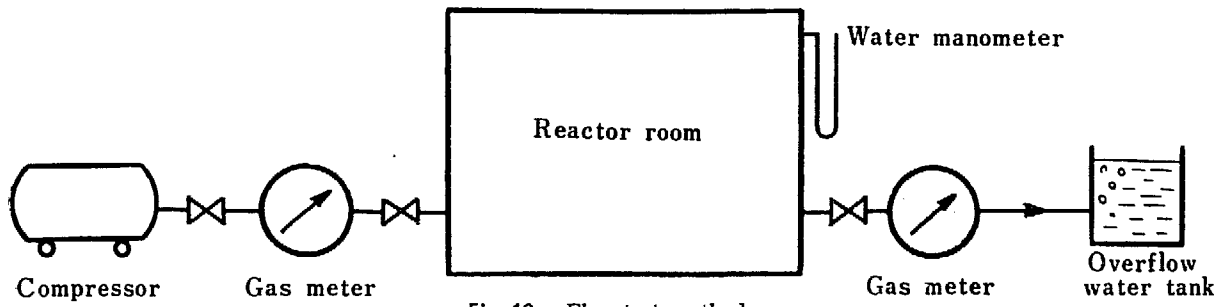


Fig. 16 Flow-test method

$$P_1 \left( \frac{V + \Delta V}{V} \right) \left( \frac{T_1 + \Delta T}{T_1} \right) - P_2$$

$$\cong P_1 - P_2 + P_1 \left( \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta T}{T_1} \right)$$

百分率で表わすと、

$$\left( -\frac{\Delta P}{P_1} + \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta T}{T_1} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (13)$$

ただし、 $\Delta P = P_2 - P_1$ ,  $\Delta T = T_2 - T_1$ ,  
 $V$  : 炉室体積

圧力は水銀バロメーターで測り、それに水マノメーターで測った差圧を加えた絶対圧である。温度は、銅-コンスタンタン熱電対を使用して、Fig. 15 に示すごとく、天井裏1カ所、一階8カ所、地下3カ所を記録計に記録し、それらを天井裏、一階、地下の3ブロックに分け、各ブロック内では、温度変化は等しいと考えて、重み平均値をとった。各ブロックの体積は次の

とおりである。

天井裏	1190 m <sup>3</sup>	12.2%
一階	6840 m <sup>3</sup>	70.4%
地下	1690 m <sup>3</sup>	17.4%
全体積	9700 m <sup>3</sup>	

### 3.3 測定結果

測定結果を Fig. 17 および TABLE 3 に示す。

Fig. 17 から分るように一階、地下は測定時間中ほとんど温度変化がなく(0.5°C以下)天井裏のみが、大きく変るが、体積比が12%であるので、水蒸気分圧の温度による変化は無視した。また、炉室は、鉄板の内側に厚さ30cmの鉄筋コンクリートが地上11mまであり、温度変化による炉室の体積変化もないものとした。

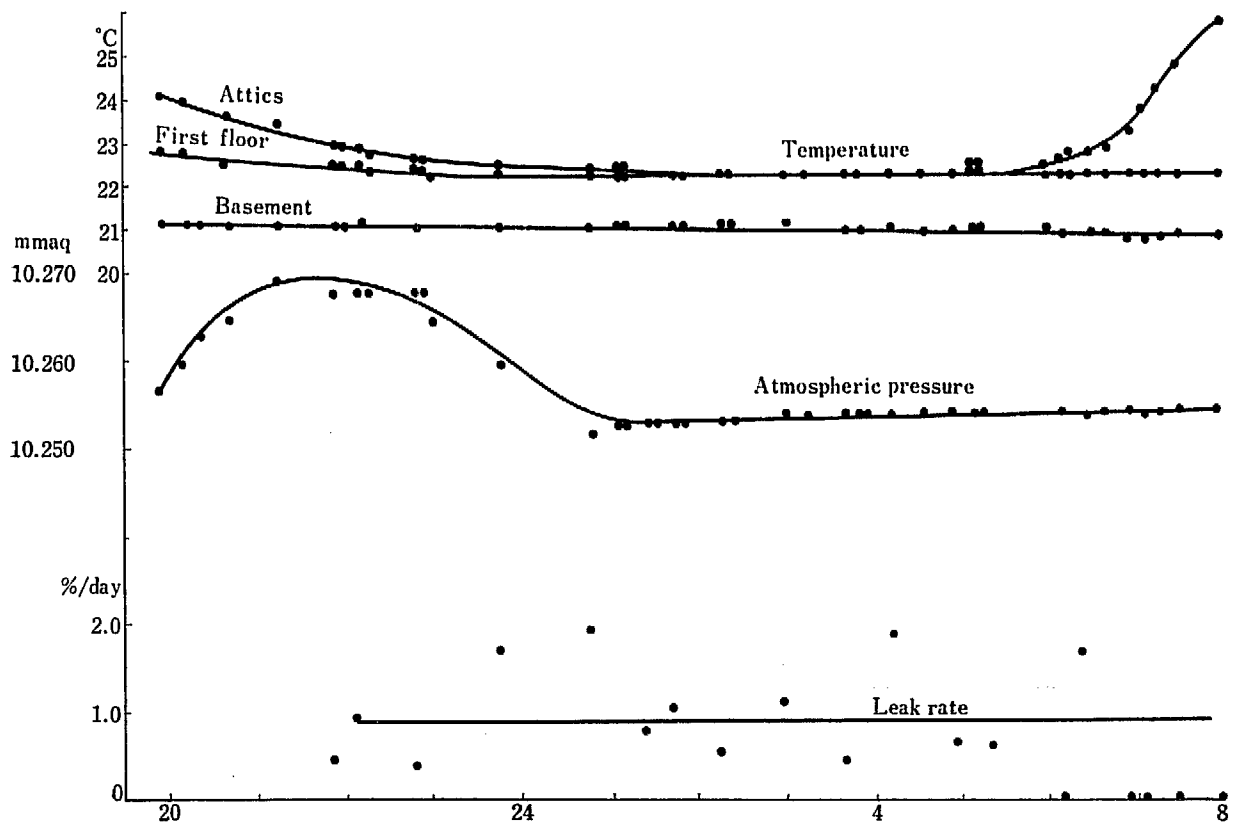


Fig. 17 Test example

TABLE 3. Test results of containment leak

	Time	Atmospheric pressure (mm aq)	Pressure difference (mm aq)	$\frac{\Delta P}{P_1}$	$\Delta V$ (m <sup>3</sup> )	$\frac{\Delta V}{V}$	$\Delta T$ (°C)	$\frac{\Delta T}{T}$	Leak %/day
6/19	19.53	10,257	70						0.86
20	8.00	10,254	70	0.00029	45.75	0.00471	-0.21	-0.0007	
7/8	21.12	10,191	70.5						1.5
9	7.05	10,220.8	71.0	-0.00294	115.0	0.01175	-0.79	-0.00264	
8/1	22.15	10,279	71.0						1.03
2	18.00	10,289.9	69.0	-0.00087	59.3	0.00611	0.97	0.00324	

水銀バロメーターの読み取り誤差 0.8mm/day および、温度誤差 0.3°C/day が、リーク量 0.1%/day の誤差を生ずる。

測定は3回おこなったが、いずれも夕方から始めて翌朝あるいは、翌日の夕方まで、エアロックの通行のない時におこなった。最初圧力を上げるには、排気系の水封ダンパーを閉め、給気ファンで 70 mm aq 近くにあげ、給気水封ダンパーも閉めてから、コンプレッサーで不足分を送り込んだ。各回の測定結果をTABLE 3に示す。この結果、リーク量は 1.0%±0.5%/day である。また、3回目の測定の結果の詳細を示したのがFig. 17 である。

### 3.4 結果の検討

Fig. 17 を見ると、時間によって、かなりばらつきが認められる。これは測定中を通じて、炉室圧力を 0.1 psig にすることが非常にむずかしく、±2 mm 位の変動があったこと、また、水銀バロメーターの読みに 0.1 mm の誤差があれば、水柱マノメーターの差圧の 1.4 mm の誤差に相当すること、ガスメーターの誤差などによるものと思われる。その他、気象条件の変化に対する炉室内のレスポンスなどを考えると、この種のリークテストに、この程度の誤差は、さげられないと思われる。

リークは、この場合、すべて円筒状のキャピラリーからの粘性流として、室外へもれ出ると考える。

Poiseuille の法則によると、粘性流は、

$$Q = 1.0133 \times 10^6 \times \frac{\pi}{8\eta} \frac{a^4}{l} P_m (P_2 - P_1) \dots (14)$$

$Q$  : 流量 (atom cc/sec)

$\eta$  : 粘性係数

$a$  : キャピラリーの半径 (cm)

$l$  : キャピラリーの長さ (cm)

$P_2, P_1$  : 両端における圧力 (atm)

$$P_m = \frac{P_1 + P_2}{2}$$

バブルテストで検知できるリークは、field test の場合には大体  $10^{-2}$  atm cc/sec である。したがって  $Q = 10^{-2}$  atm cc/sec,  $\eta = 1.845 \times 10^{-4}$  poise,  $l = 0.45$  cm,  $P_m = 1$  atm,  $P_2 - P_1 = 0.0068$  atm を (14) 式に代入すると、

$$a = 4.2 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

が得られる。この孔が、いくつあったら、1% のリークとなるか計算すると、

$$\frac{100 \times 10^6}{8.64 \times 10^4 \times 10^{-3}} \cong 10^5 \text{ 箇}$$

もし、これがすべて、鉄板溶接部にあったとすると全長 3 km であるから、

$$\frac{10^5}{3 \times 10^3} = 30$$

すなわち、mあたり30箇の孔があることになるが、これは全長にわたってバブルテストした時の経験からみて、考えられぬことである。もし孔の直径が1桁大きいものがあったとすると、孔1箇あたりのもれは、 $10^4$  倍になるので、その数は10箇で、1% のリークとなり得る。炉室の壁を貫通する配管の多いこと、鉄板溶接部が、3 km にもおよぶこと、それに炉室の土台の底の部分は鉄板がなく、コンクリートだけ使用していることなど考え合わせると、直径 0.08 mm の孔が10箇位、あいていることは避けられない。殊に側面鉄板は地下 8 m までおりていて、そこで、基礎から立ち上げた防水層と接続しており、この接続部からのリークは、テストの仕様がなかった。

EBWR の測定値をみても、非常にばらついている。また、MITR の場合は、測定にかかるほど大きなリークはないといっているが、これもやはり測定値がばらつくことを意味しているのではないと思われる。EBWR は全体がシェル構造になっており、MITR は、底面に鉄板の気密構造がない。



1% 程度のリークに止めるためには、各貫通部に、  
十分の注意を払うことは、もとより必要だが、炉室の  
構造としては、全体を鉄板で蔽うことが望ましい。

最後に、このテストの実際の測定にあたり、終始御

協力、御援助下さった東洋キャリア工業株式会社の石  
母田崇氏および JRR-2 建設室の皆様の御厚情にお礼  
申し上げます。

(遠藤・北原記)