

JAERI-M  
83-204

酸化リチウムの照射下トリチウム放出試験  
—トリチウムの除去とモニタリング—

1983年11月

吉田 浩・松井 智明・倉沢 利昌・宮内 武次郎  
竹下 英文・梶本 与一・後藤 孝徳・渡部 孝三  
成瀬 雄二・渡辺 斉

JAERI-M レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。  
入手の問合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11 茨城県那珂郡東海村）  
あて、お申しこしてください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11 茨城  
県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.  
Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Section, Division  
of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun,  
Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1983

---

編集兼発行 日本原子力研究所  
印刷 山田軽印刷所

酸化リチウムの照射下トリチウム放出試験  
—トリチウムの除去とモニタリング—

日本原子力研究所東海研究所核融合研究部

吉田 浩・松井 智明<sup>+</sup>・倉沢 利昌<sup>++</sup>・宮内武次郎<sup>+++</sup>  
竹下 英文<sup>++</sup>・梶本 与一<sup>+</sup>・後藤 孝徳<sup>+</sup>  
渡部 孝三<sup>+</sup>・成瀬 雄二・渡辺 齊<sup>++</sup>

(1983年11月1日受理)

酸化リチウム ( $\text{Li}_2\text{O}$ ) のトリチウム増殖材としての性能を評価するための研究の一環として、 $\text{Li}_2\text{O}$  焼結ペレットの高照射下におけるトリチウム放出試験 (VOM-15H計画) を実施した。照射に用いた原子炉は、JRR-2 (照射孔; 燃料領域 VT-10, 熱中性子束;  $1.0 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{sec}$ ) である。試験期間は昭和 58 年 5 月 23 日~昭和 58 年 8 月 5 日における 4 サイクル (実効照射時間; 990 hrs) であり、この間のトリチウム生成量は約 31 Ci (観測値) に達した。

本試験では、比較的高濃度 (定常値; 約  $5 \mu\text{Ci/cm}^3$ ) のトリチウムガスを連続して取扱うため、作業者の被曝防止及び環境への放出低減化の観点から、実験装置のトリチウム回収・測定部をフード内に格納するとともに触媒酸化・吸着法によるいわゆるトリチウム除去装置を設置した。

本報告書は、照射下トリチウム放出試験に際して行ったトリチウム除去装置の性能試験の結果及びトリチウムのモニタリングの方法と結果についてまとめたものである。

---

+ 保健物理部  
++ 燃料工学部  
+++ 研究炉管理部

In-Pile Experiment for Tritium Release  
from  $\text{Li}_2\text{O}$  under High Neutron Fluence  
---- Detritiation and Tritium Monitoring ----

Hiroshi YOSHIDA, Tomoaki MATSUI<sup>+</sup>, Toshimasa KURASAWA<sup>++</sup>,  
Takejiro MIYAUCHI<sup>+++</sup>, Hidefumi TAKESHITA<sup>++</sup>, Yoichi KAJIMOTO<sup>+</sup>,  
Takanori GOTO<sup>+</sup>, Kozo WATANABE<sup>+</sup>, Yuji NARUSE and  
Hitoshi WATANABE<sup>++</sup>

Department of Thermonuclear Fusion Research,  
Tokai Research Establishment, JAERI

(Received November 1, 1983)

In-pile experiment for tritium release from sintered lithium oxide pellets was performed under high neutron fluence as a feasibility study of  $\text{Li}_2\text{O}$  for the tritium breeding material of a fusion reactor. The experiment (VOM-15H Program) was carried out with the research reactor JRR-2 (irradiation hole; VT-10, thermal neutron flux;  $1 \times 10^{14}$  n/cm<sup>2</sup>.sec) from May 23 to August 5, 1983. The effective irradiation time and the total production of tritium were 990hrs and 31Ci (observed), respectively. The average concentration of tritium in He sweep gas from the in-pile capsule was about 5 $\mu$ Ci/cm<sup>3</sup>.

In order to reduce tritium release to the environment and to keep safety in tritium handling, the experimental apparatus was equipped with a detritiation system composed of a catalytic oxidizer and two molecular sieve dryers in a hood.

This report describes the method of tritium monitoring and the results as well as the performance of the detritiation system.

Keywords; Fusion Blanket, Tritium Breeding, Lithium Oxide, Tritium Release, In-pipe Irradiation, Sweep Gas, Tritium Monitoring, Detritiation, Safe Handling,

---

+ Department of Health Physics, Tokai, JAERI

++ Department of Fuels and Materials Research, Tokai, JAERI

+++ Department of Research Reactor Operation, Tokai, JAERI

## 目 次

1. はじめに	1
2. 照射下トリチウム放出試験装置の概要	1
3. トリチウム除去装置の性能試験	3
3.1 放射性不純物気体の影響	3
3.2 トリチウム除染係数	4
4. モニタリング	5
4.1 フード内空気汚染のモニタリング	5
4.2 フード内表面汚染のモニタリング	6
5. おわりに	7
謝 辞	7
文 献	8

## Contents

1. Introduction	1
2. Description of Experimental Apparatus	1
3. Performance Test of Detritiation System	3
3.1 Effect of Radioactive Impurity Gases	3
3.2 Decontamination Factor for Tritium	4
4. Tritium Monitoring for the Hood	5
4.1 Monitoring of the Ventilation Air	5
4.2 Monitoring of the Surface Contamination	6
5. Conclusion	7
Acknowledgement	7
References	8

## 1. はじめに

VOM-15H計画<sup>(1)</sup>として実施された酸化リチウムの高照射化におけるトリチウム放出試験においては、比較的高濃度（ $0.1 \sim 10 \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ 、定常放出条件では約  $5 \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ ）のトリチウムが約 1000 時間にわたってほぼ連続的に放出された。トリチウムの総生成量は観測値で約 31 Ci に達した。トリチウム取扱い量の面からは、原研・東海研究所 RI 製造部の「100 Ci トリチウムの製造経験」<sup>(2)</sup>や原研・大洗研究所の JMTR を利用した「ヘリウム 3 出力可変装置における 6000 Ci トリチウムトラップの運転実績」<sup>(3)</sup>など、本試験を上まわる結果が報告されている。しかし、これらはその研究目的からトリチウム取扱い方式がいわゆる“バッチ操作”であるのに対して、本試験は幾つかの処理工程から構成されたシステムの比較的長時間に及ぶ“連続操作”で特徴づけられるものである。また、取扱い濃度の面から見ると、我が国では前記の「トリチウムトラップの運転実績」<sup>(3)</sup>において本試験の場合よりやや高濃度範囲  $0.1 \sim 40 \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$  の研究例が報告されているのみである。

以上から理解できるように、酸化リチウムの高照射において問題となるトリチウムの取扱い条件（比較的高濃度、複合プロセス、連続操作）は、我が国ではこれまで未経験のものと言えよう。そこで本研究では、環境放出低減化と実験作業等々の被曝防止の目的から設置されたトリチウム除去装置及び実験装置格納フードから排出されるトリチウムの化学形と濃度を分析測定し、その排出総量を把握することに努めた。

本稿は、トリチウム除去装置の性能試験の結果並びにモニタリングの方法及び測定結果について整理し、考察したものである。

## 2. 照射下トリチウム放出試験装置の概要

本試験装置は、核融合炉ブランケットに酸化リチウムの焼結ペレットを使用した場合のトリチウム放出特性を調べることを目的としたものである。装置の設計・運転条件、照射キャプセルの設計・核熱条件並びにトリチウム放出試験結果の詳細については別報に譲る。しかし、それぞれの概要については既報<sup>(1), (6)~(9)</sup>を参照することができる。

Fig. 1 は、試験装置の概略フローシートを示したものである。照射キャプセル内で生成したトリチウムは、乾燥塔 MS-1（MS-5 A<sup>\*1</sup> 充填量；135 g、操作温度；室温）で脱湿されたヘリウムガスによりスイープされ、フード内に設置されたトリチウム回収・測定部に送られる。次いでトリチウム中の水蒸気成分 HTO（ $\text{T}_2\text{O}$ ）は乾燥塔 MS-2（MS-5 A 充填量；37 g、操作温度；室温）により除去され、ガス成分 HT（ $\text{T}_2$ ）のみが電離箱 IC-1~3 に送られる。還元塔 RX（触媒；CuO-ZnO-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 系、充填量；5 g、操作温度；150~200℃）は、水蒸気成分 HTO（ $\text{T}_2\text{O}$ ）を水素の化学形 HT（ $\text{T}_2$ ）に転換するためのものである。<sup>\*2</sup>

これら 2 つの処理系統を交互に使用することにより、スイープガス中に放出されたトリチウム

## 1. はじめに

VOM-15H計画<sup>(1)</sup>として実施された酸化リチウムの高照射化におけるトリチウム放出試験においては、比較的高濃度（ $0.1 \sim 10 \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ 、定常放出条件では約  $5 \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ ）のトリチウムが約 1000 時間にわたってほぼ連続的に放出された。トリチウムの総生成量は観測値で約 31 Ci に達した。トリチウム取扱い量の面からは、原研・東海研究所 RI 製造部の「100 Ci トリチウムの製造経験」<sup>(2)</sup>や原研・大洗研究所の JMTR を利用した「ヘリウム 3 出力可変装置における 6000 Ci トリチウムトラップの運転実績」<sup>(3)</sup>など、本試験を上まわる結果が報告されている。しかし、これらはその研究目的からトリチウム取扱い方式がいわゆる“バッチ操作”であるのに対して、本試験は幾つかの処理工程から構成されたシステムの比較的長時間に及ぶ“連続操作”で特徴づけられるものである。また、取扱い濃度の面から見ると、我が国では前記の「トリチウムトラップの運転実績」<sup>(3)</sup>において本試験の場合よりやや高濃度範囲  $0.1 \sim 40 \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$  の研究例が報告されているのみである。

以上から理解できるように、酸化リチウムの高照射において問題となるトリチウムの取扱い条件（比較的高濃度、複合プロセス、連続操作）は、我が国ではこれまで未経験のものと言えよう。そこで本研究では、環境放出低減化と実験作業等者の被曝防止の目的から設置されたトリチウム除去装置及び実験装置格納フードから排出されるトリチウムの化学形と濃度を分析測定し、その排出総量を把握することに努めた。

本稿は、トリチウム除去装置の性能試験の結果並びにモニタリングの方法及び測定結果について整理し、考察したものである。

## 2. 照射下トリチウム放出試験装置の概要

本試験装置は、核融合炉ブランケットに酸化リチウムの焼結ペレットを使用した場合のトリチウム放出特性を調べることを目的としたものである。装置の設計・運転条件、照射キャプセルの設計・核熱条件並びにトリチウム放出試験結果の詳細については別報に譲る。しかし、それぞれの概要については既報<sup>(1), (6)~(9)</sup>を参照することができる。

Fig. 1 は、試験装置の概略フローシートを示したものである。照射キャプセル内で生成したトリチウムは、乾燥塔 MS-1（MS-5 A<sup>\*1</sup> 充填量；135 g，操作温度；室温）で脱湿されたヘリウムガスによりスイープされ、フード内に設置されたトリチウム回収・測定部に送られる。次いでトリチウム中の水蒸気成分 HTO（ $\text{T}_2\text{O}$ ）は乾燥塔 MS-2（MS-5 A 充填量；37 g，操作温度；室温）により除去され、ガス成分 HT（ $\text{T}_2$ ）のみが電離箱 IC-1~3 に送られる。還元塔 RX（触媒；CuO-ZnO-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 系，充填量；5 g，操作温度；150~200℃）は、水蒸気成分 HTO（ $\text{T}_2\text{O}$ ）を水素の化学形 HT（ $\text{T}_2$ ）に転換するためのものである。<sup>\*2</sup>

これら 2 つの処理系統を交互に使用することにより、スイープガス中に放出されたトリチウム

のガス成分HT ( $T_2$ ) と水蒸気成分HTO ( $T_2O$ ) との比率及び全トリチウム濃度が測定される。電離箱には、トリチウム濃度を連続・実時間測定するために通気型を採用している。しかし、我が国では $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$  程度の比較的高濃度のトリチウムに対して実証されたプロセス用電離箱は開発されていない。<sup>\*3</sup> ことでは、比較のため構造及び体積が異なる2種類の電離箱IC-1, 2<sup>\*4</sup> 及びIC-3~5<sup>\*5</sup> を使用している。電離箱 (IC-1~3) を流出したトリチウムHT ( $T_2$ ) は、酸化塔OX-1 (触媒; 5 wt% Pd-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 充填量; 4 g, 操作温度; 室温~200°C) 及び乾燥塔MS-3, 4 (MS-5A 充填量; 135 g/塔) から構成されたトリチウム除去装置により除去される。

図中に見られるように、幾種類かのガスが実験系に供給されている。COガス (1%CO-He) は還元塔における還元剤であり、H<sub>2</sub>ガス (0.1%H<sub>2</sub>-He) は還元塔の触媒、配管、電離箱等へのHT ( $T_2$ ) ガスの吸着を低減するためのものである。乾燥空気は、電離箱 (IC-1, 2) の電離効率を改善するためのスパイクガス<sup>\*6</sup> 並びにHT ( $T_2$ ) ガスとCOガス (RXにおける未反応分) の酸化剤として添加した。

フード内に設置された実験装置 (配管材質; SUS 316 及び銅, 配管外径; 1/4 インチ, 配管接続; スエージロック及びTiG溶接, 一部にテフロン製のシールテープを使用, バルブ; ステinlessベローシール弁) の全漏洩量は、ヘリウム漏洩検査法により $6.4 \times 10^{-6} \text{ atm} \cdot \text{cm}^3\text{-He}/\text{sec}$  以下であることを確認した。フード ( $1.1 \text{ m}^L \times 1.3 \text{ m}^H \times 0.6 \text{ m}^W$ ) は、鋼板製 (ビニル塗装仕上げ) であり、前面にはガラス製アルミサッシ引戸が設けられている。換気風量は、 $6 \text{ m}^3/\text{hr}$  (浮子式流量計による実測値) である。

\* 1 モレキュラーシーブ5Aの略

\* 2 このプロセスは、酸化銅系の触媒を用いることにより転換効率が100%に近い水蒸気還元反応 ( $\text{H}_2\text{O} + \text{CO} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{CO}_2$ ) が比較的低温で進む<sup>(10)</sup>ことを利用している。

\* 3 最近の情報によると、米国のロスアラモス国立研究所のTritium Systems Test Assembly<sup>(4)</sup> (DTガス流量  $360 \text{ mol}/\text{day}$ ) の電離箱によるプロセスモニタリング濃度 (Table A. 1)<sup>(5)</sup>は、我々の取扱うトリチウム濃度範囲とはほぼ同程度に設定されている。

\* 4 中心及び外側電極の間に鳥カゴ型の補完電極を内蔵した電離箱 (アロカ社製, RIC-551R), 有効体積  $100 \text{ cm}^3$ , 直流電位計方式 -

\* 5 補完電極の無い一般的な直円筒形の電離箱 (大倉電気社製), 有効体積  $1500 \text{ cm}^3$ , 振動容量型電位計 (直流 $\leftrightarrow$ 交流変換)

\* 6 この電離箱は、空気中トリチウムのモニターとして設計したものである。本実験の場合 (ヘリウム・スイープガス) には、W値 (1イオン対を形成するのに要する平均エネルギー) や $\beta$ 線の飛程が空気の場合と異なるので、電離効率や電離箱の有効体積が変化し、正確な電離電流が得られない。この問題を解決する方法として、空気の吹込みを行った。



### 3. トリチウム除去装置の性能試験

照射キャプセルからスweepガス中に放出される放射性気体としては、トリチウムの他に試料（酸化リチウムペレット）やキャプセル構成部材<sup>\*1</sup>に含まれる微量不純物から生成するものが考えられる。これらは、電離箱によるトリチウムの濃度測定に悪影響を与える。

Fig. 2は実験装置の概念を示したものである。この装置は、トリチウムの除去装置（OX-1, MS-3, 4）並びに不純物としての放射性気体を核種分析するための機器類（アルミ製ガスサンプラー（体積；400 cm<sup>3</sup>）、シリカゲルトラップSG-W1（加湿シリカゲル、充填量；300 g）、電離箱IC-3~5（印加電圧；180 V）<sup>\*2</sup>）から構成されている。酸化塔におけるHT（T<sub>2</sub>）ガスの酸化効率、コールドトラップCT（Fig. 1参照）を使用することにより電離箱IC-3, 4で測定できる<sup>\*3</sup>トリチウム除染係数についても同様に電離箱IC-3, 5で求められる。IC-5の後段のシリカゲルトラップSG-W2（加湿シリカゲル、300 g）及びSG-D（乾燥シリカゲル、300 g）は、除去装置の乾燥塔（MS-3）が破過点（除染係数100）に達して予備乾燥塔（MS-4）に切換えられる際の支援トラップであり、必要に応じて設置される。

#### 3.1 放射性不純物気体の影響

Fig. 3は、ガスサンプラーで採取した試料ガスのγ線スペクトル分析（検出器；Ge(Li)半導体、容積100 cm<sup>3</sup>、波高分析器；ORTEC 4096 ch、測定時間；1000秒、4000秒）の1例である。図に見られるように、Kr、Xe及びこれらの娘核種であるRb、Csが検出されている。これらはTable A. 2<sup>\*4</sup>を参照すれば分かるようにウランの核分裂に基づくものである。この事実から、酸化リチウムペレットに微量のウランが含まれているものと推定できる。図中で比放射能が低いかもしくは核分裂収率の小さい<sup>85</sup>Krや<sup>133</sup>Xe、半減期が相対的に短い<sup>87</sup>Kr~<sup>95</sup>Krや<sup>139</sup>Xe~<sup>144</sup>Xe等は検出されていない。さらに、吸着性の気体Br、I、Ba等の核種も見られないが、これらは試験装置内の配管や充填物（触媒、モレキュラーシーブ）に吸着されたものと考えられる。

Fig. 4は、半減期9.7 hの<sup>135</sup>Xe<sup>\*6</sup> sweepガス中への放出率とキャプセル照射温度との関係を示したものである。図の温度傾向は、装置内に吸着保持されている<sup>137</sup>I（半減期6.61 hr、核分裂収率6.1%）等からの崩壊成分（<sup>135</sup>Xe）の影響を受けているが、定性的には放射性希ガスの放出特性を表わしていると思われる。

Fig. 5は、sweepガス中へ放出される放射性気体の放出率と冷却時間との関係（Table A. 2）から計算した<sup>135</sup>Xeを基準とする希ガスの放射能比を示している。Kr及びXeの時間変化は、それぞれにおける短半減期同位体の減衰によるものである。

以上の2つの関係（Fig. 4, 5）よりトリチウム除去装置の入口、出口の電離箱（IC-3, 4）における放射性希ガス濃度が既知となり、トリチウムに対する除染係数が求められる。なお、

より正確なトリチウム濃度の測定法としては、バッチ分析となるが Fig. A. 1 に示したような電離箱による減衰測定法が有効である。

### 3.2 トリチウム除染係数

Fig. 6 は、酸化塔 OX-1 の操作温度（塔外壁温度）と除染係数との関係を示したものである。図中に示した入口ガス組成から分かるように Pd 触媒に対し顕著な被毒作用を及ぼす CO が含まれているが、温度 200℃（OX-1 の設計操作温度）における除染係数は  $10^4$  前後に達している<sup>\*7</sup>。100℃以下の温度範囲では、Pd への CO の吸着が大きくなるため水素ガス ( $H_2$ , HT) の酸化効率が低下し、室温ではトリチウム除去能力を失ってしまうものと考えられる。この事実は、筆者らが既に報告した 0.7%  $H_2-N_2$ 、0.03%  $D_2-N_2$  系における酸化効率（いずれの場合も室温で 99.9%以上<sup>(12)</sup>）と著しく異なる。この原因として両実験に用いた触媒性能の違いも考えられるが、触媒被毒物質に対する注意が重要と思われる。

- \* 1  $Li_2O$  ペレット格納キャプセル : SUS 316  
 ペレット保持スプリング : INCONEL 600  
 He ガス配管 : SUS 304  
 熱電対保護管 : SUS 316

これらの材料に含まれるウラン量は 0.01 wppm 程度である。

- \* 2  $0.1 \sim 10 \mu Ci/cm^3$  の範囲のトリチウムに対する電離箱のプラトー特性に関する実証データは報告されていない。こゝでは、印加電圧 90~270 V の範囲において一定の電離電流が得られることを確認した。
- \* 3 水蒸気の凍結によるトラップの閉塞が起こり、酸化効率の測定はできなかった。
- \* 4  $Li_2O$  ペレット中に 1 wppm の天然ウランが含まれると仮定し、照射条件は本試験と同一として計算したウランの核分裂生成物の減衰特性<sup>(11)</sup>。
- \* 5 試験装置内の滞留時間 5~7 分、 $\gamma$ 線スペクトル分析を実施するまでの所要時間 5~10 分
- \* 6  $^{135}Sb$ ,  $^{135}I$ ,  $^{135}Te$ ,  $^{135m}Xe$  の崩壊核種及びウランからの直接生成物
- \* 7 本研究の計画段階で定められた安全基準値は 100 であり、定常運転時の環境放出条件を満足している。

## 4. モニタリング

酸化リチウムから放出されたトリチウムを含むスイープガスは、照射キャプセル、スイープ配管、フード内の試験装置及びトリチウム除去装置を経由して建屋（JRR-2）の排気系に実験廃ガスとして送られる。この経路をトリチウムの排出管理及び安全取扱いの観点から見ると、環境に放出される実験廃ガス中のトリチウム並びにフード内の漏洩トリチウム（空気汚染及び表面汚染）のモニタリングが重要である。

### 4.1 フード内空気汚染のモニタリング

Fig. 7 は、フード換気空気中のトリチウムの化学形及び濃度を測定するためのモニタリングシステムを示したものである。トリチウムモニター（IC-6）としては、通気型電離箱（アロカ社製 MGR-108C、電離箱体積：3ℓ、通気風量；約 5ℓ/min）を用いている。トラップ SG-F（乾燥シリカゲル、300g）は空気中の水蒸気成分 HTO（T<sub>2</sub>O）を捕集し、SG-B（加湿シリカゲル、300g）はガス成分 HT（T<sub>2</sub>）を前段に設置した簡易触媒酸化塔 OX-2（パイレックスガラス製、外部加熱式、Girdler 社製触媒；0.5wt% Pd-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>（G-63D）、100 cm<sup>3</sup>）で HTO（T<sub>2</sub>）に転換した後捕集する。ここでは、酸化塔の温度を 250℃ に設定したので、有機物<sup>\*1</sup>としてのトリチウム濃度は評価していない。各トラップに捕集されたトリチウム濃度を液体シンチレーション法<sup>\*2</sup>で測定することにより空気中の HTO（T<sub>2</sub>O）及び HT（T<sub>2</sub>）の濃度を求めた。Fig. 8 は、トリチウム放出試験の第 4 サイクル（7月 25日～8月 5日）におけるモニタリング結果を示したものである。図中に認められるピーク（LS-1～7）は、トリチウム放出試験の必要に応じて実施されたスイープガスのサンプリング操作（サンプリング配管の切離し・接続操作）の際に生じたものである。原子炉の起動後約 4 日でフード内平均濃度が 10<sup>-5</sup> μCi/cm<sup>3</sup> 程度に上昇しているが、これは上記作業によるフード内表面汚染の蓄積、トリチウムで汚染されているサンプリング用のトラップや配管類のフード内保管が原因となっている。

Table 1 は、フード内空気中トリチウムの化学形の測定結果をまとめたものである。水の化学形 HTO（T<sub>2</sub>O）のトリチウム濃度が水素の化学形 HT（T<sub>2</sub>）のそれより約 2 桁高いことが注目される。前者は、主としてトリチウムを含むスイープガスが流通している配管系からのガスサンプリング操作（オフライン操作）に起因する。後者は、試験装置の加熱部分（還元塔 RX、酸化塔 OX-1、いずれも操作温度 200℃ 前後）からの透過並びに装置全体の気密度（6.4 × 10<sup>-6</sup> atm・cm<sup>3</sup>-He/sec 以下）に基づく漏洩が原因と考えられる。

そこで、フード内の予想漏洩量と測定結果とに着目すると、Table 2 に示すように水素の化学形のトリチウムについて良い一致が見られる。この表において、還元塔 RX 及び酸化塔 OX-1 からの漏洩量は、ステンレス鋼管（SUS 304）に関する H<sub>2</sub> ガス透過式を T<sub>2</sub> ガスに拡張した次式で計算した。

$$J(g-T_2/\text{day}) = \sqrt{\frac{1}{3}} \cdot \frac{S}{\ell} K \sqrt{P} \exp\left(\frac{-Q}{RT}\right)$$

ここで、 $S$ と $l$ は透過面積 ( $\text{cm}^2$ )と透過距離 ( $\text{cm}$ )、 $K$ と $Q$ は透過係数 ( $0.65 \times 10^{-2} \text{g-H}_2/\text{cm}^2 \cdot \text{day} \cdot \text{Torr}^{1/2}$ )及び透過の活性化エネルギー ( $16.1 \times 10^3 \text{cal/mol}$ )、 $R$ と $T$ は気体定数 ( $1.986 \text{cal/mol} \cdot \text{K}$ )及び透過温度 ( $\text{K}$ )である。 $P$ は水素ガス分圧 ( $\text{Torr}$ )であり、ここでは $\text{Li}_2\text{O}$ から放出されるトリチウムをすべて $\text{T}_2$  ( $= 1.3 \times 10^{-3} \text{Torr}$ )と仮定している。

この計算式は、金属表面に酸化膜等の抵抗が無い場合の透過量を表わしているの、表に示されているように実測値と予想値とが良く一致する事実は大変興味深い。なお、透過係数における水素同位体効果は小さいと考えられている<sup>(13)</sup>。

#### 4.2 フード内表面汚染のモニタリング

同上期間中におけるフード内各部の表面汚染をモニタリングするために、フード天井部の排気口周辺 (No.1)、酸化塔OX-1まわりの配管 (No.2)、還元塔RXの加熱炉外筒 (No.3)及びフード下部側壁 (No.4)のスミヤ法<sup>\*3</sup>による測定 (頻度1回/day)を実施した。その結果をFig.9に示す。汚染の度合は、酸化塔まわりの配管とフード排気口付近で高く、フード下部で低い。酸化塔まわりの汚染の原因をこの測定結果のみで確定することは難しいが、操作温度200℃前後の酸化塔の器壁を透過するトリチウムHT ( $\text{T}_2$ )も一つの要因となろう。図中、フード排気口付近の放射能が原子炉の起動後上昇し約4日では平衡する傾向も認められる。この傾向は、 $\text{Li}_2\text{O}$ ペレットから放出されるトリチウムの濃度傾向とほぼ一致しており、装置からの透過・漏洩に基づくものと考えられる。

Fig.10は、フード排気口付近の表面汚染密度と空气中トリチウム濃度との相関関係を示したものである。これより、両者の間には密接な関係 (図示した範囲では直線関係)があることがわかる。このような相関は、空気汚染が生じた場合の室内床面 (エポキシ系樹脂)や同雰囲気曝されたアクリル板、アルミ板についても報告されており、トリチウム汚染レベルの簡便な把握方法となっている<sup>(14)</sup>。

Table3は、照射試験の全期間 (第1~第4サイクル)においてスタックへ排出されたトリチウム量を示す。ここで、フード排出ガス中のHTO ( $\text{T}_2\text{O}$ )はスイープガスのサンプリング操作を行った第4サイクルにおいて、HT ( $\text{T}_2$ )は全期間に亘って漏洩が起ったものと仮定している。一方、実験廃ガス中のトリチウムについては、酸化塔OX-1の温度を200℃ (トリチウムの除染係数 $1 \times 10^4$ )に設定して運転した期間 (第1~第3サイクル)の放出量は約1mCiである。トリチウム除去システムの性能試験を実施した第4サイクルにおいては、140mCiの放出が起っている。

\*1 トリチウム化メタン等の有機物の触媒酸化温度として500℃程度が必要と考えられる<sup>(12)</sup>。

\*2 各トラップのシリカゲル全量をそれぞれ1ℓの水に浸漬して約24時間の浸出を行う。次いで、バイアル瓶に浸出液1mlを採取し、アクアブルーIIシンチレータ10mlを加えて分析試料 (同一浸出液に対し3個)とした。測定器にはアロカ社製液体シンチレーション計数計 (LSC-700)を用いた。

\*3 通常のスミヤ濾紙 (無含浸剤)を用いて対象箇所 ( $100 \text{cm}^2$ )のスミヤを行い、これを直ちに、前記の液体シンチレータ (10~15ml)を入れたバイアル瓶に封入する。浸出時間は10~24時間とした。

## 5. お わ り に

比較的高濃度（平均で約  $5 \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ ）のトリチウムの長時間取扱い装置を対象とするトリチウム除去装置及び格納フードについてトリチウム排出管理を行った。モニタリング方法としては、通気型電離箱による実時間測定法並びに固体吸着剤（シリカゲル）捕集法、スミヤ法と液体シンチレーション法とを組み合わせたバッチ測定法を併用した。これらの結果を要約すると以下の通りである。

- (i) 5 wt% Pd-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>触媒を用いたトリチウム除去装置のトリチウムガスHT (T<sub>2</sub>) に対する除染係数は、触媒酸化塔の操作温度（室温～200℃）により  $1 \sim 10^4$  の範囲で変化した。これは、パラジウムに被毒作用を及ぼすCOの影響と考えられた。
- (ii) 酸化リチウム中に含まれる微量ウラン（約 1 wppm）に基づく放射性希ガスの濃度はトリチウム濃度の  $1/10^4$  程度であった。
- (iii) フード内の表面汚染密度（ $10^{-6} \sim 10^{-5} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ ）と空气中濃度（ $10^{-6} \sim 10^{-4} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ ）との間に直線的な相関関係が見られた。
- (iv) フード内空気汚染は、1次系の配管作業により漏洩したHTO (T<sub>2</sub>O) が支配的であり、加熱機器及び配管系から透過、漏洩するHT (T<sub>2</sub>) の濃度は水蒸気成分の濃度の約 1/100 であった。
- (v) 全試験期間中のスタック放出量は、約 170 mCi（生成トリチウム量の 1/180）であり、この試験の安全審査基準（除染係数 100）を十分に満足していた。

なお、試験装置は、試験の終了後乾燥ヘリウム、1% H<sub>2</sub>-He 混合ガス及び加湿空気を順次流通させて配管内部を十分に除染し、解体した。触媒及びモレキュラーシーブを充填した塔類は2重気密容器（1次容器：SUS 304 製、2次容器：炭素鋼製）に封入し保管した。

本研究の従事者の内部被曝線量は最大で 10 mrem/50 年以下（尿検査：1名、呼気検査：3名）であり、JRR-2 炉室内実験に伴う外部被曝線量（フィルムバッチによる評価）も最大で 20 mrem/3ヶ月以下であった。

## 謝 辞

今回の照射下トリチウム放出試験は、JRR-2 において4サイクルに亘って実施されたものである。この間、JRR-2 管理課及び研究炉利用課の多くの方々の御支援を頂いた。本報告書を作成するにあたり、これら諸氏に心からの謝意を表す。

## 5. お わ り に

比較的高濃度（平均で約  $5 \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ ）のトリチウムの長時間取扱い装置を対象とするトリチウム除去装置及び格納フードについてトリチウム排出管理を行った。モニタリング方法としては、通気型電離箱による実時間測定法並びに固体吸着剤（シリカゲル）捕集法、スミヤ法と液体シンチレーション法とを組み合わせたバッチ測定法を併用した。これらの結果を要約すると以下の通りである。

- (i) 5 wt% Pd-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>触媒を用いたトリチウム除去装置のトリチウムガスHT (T<sub>2</sub>) に対する除染係数は、触媒酸化塔の操作温度（室温～200℃）により  $1 \sim 10^4$  の範囲で変化した。これは、パラジウムに被毒作用を及ぼすCOの影響と考えられた。
- (ii) 酸化リチウム中に含まれる微量ウラン（約 1 wppm）に基づく放射性希ガスの濃度はトリチウム濃度の  $1/10^4$  程度であった。
- (iii) フード内の表面汚染密度（ $10^{-6} \sim 10^{-5} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ ）と空气中濃度（ $10^{-6} \sim 10^{-4} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ ）との間に直線的な相関関係が見られた。
- (iv) フード内空気汚染は、1次系の配管作業により漏洩したHTO (T<sub>2</sub>O) が支配的であり、加熱機器及び配管系から透過、漏洩するHT (T<sub>2</sub>) の濃度は水蒸気成分の濃度の約 1/100 であった。
- (v) 全試験期間中のスタック放出量は、約 170 mCi（生成トリチウム量の 1/180）であり、この試験の安全審査基準（除染係数 100）を十分に満足していた。

なお、試験装置は、試験の終了後乾燥ヘリウム、1% H<sub>2</sub>-He 混合ガス及び加湿空気を順次流通させて配管内部を十分に除染し、解体した。触媒及びモレキュラーシーブを充填した塔類は2重気密容器（1次容器：SUS 304製、2次容器：炭素鋼製）に封入し保管した。

本研究の従事者の内部被曝線量は最大で 10 mrem/50 年以下（尿検査：1名、呼気検査：3名）であり、JRR-2 炉室内実験に伴う外部被曝線量（フィルムバッチによる評価）も最大で 20 mrem/3 ヶ月以下であった。

## 謝 辞

今回の照射下トリチウム放出試験は、JRR-2 において4サイクルに亘って実施されたものである。この間、JRR-2 管理課及び研究炉利用課の多くの方々の御支援を頂いた。本報告書を作成するにあたり、これら諸氏に心からの謝意を表す。

## 参 考 文 献

- 1) 渡辺斉, 倉沢利昌, 竹下英文, 他, “酸化リチウム高照射試験(I)VOM-15Hの計画と安全評価”, JAERI-M 82-136 (1982).
- 2) 加藤岑生, 棚瀬正和, 本石章司, 他, “核融合炉燃料トリチウム製造試験”, 昭和57年日本原子力学会・年会予稿 E47 (1982).
- 3) 中崎長三郎, 伊藤治彦, 中田宏勝, “ヘリウム-3出力可変装置における6000キューリートリチウムトラップの特性測定結果”, 昭和58年日本原子力学会・分科会予稿 J29 (1983).
- 4) 吉田浩, “ロスアラモス国立研究所のTSTA”, 日本原子力学会編「核融合炉設計及び研究開発の現状と課題」, P 538~552 (1982).
- 5) Roland A. Jalbert 氏 (ロスアラモス国立研究所のTSTAにおけるトリチウムモニタリングシステムの設計担当) からの私信.
- 6) 渡辺斉, 倉沢利昌, 竹下英文, 他, “酸化リチウムの照射下トリチウム放出試験(I)試験計画及び装置”, 昭和58年日本原子力学会・分科会予稿 J 36 (1983).
- 7) 宮内武二郎, 三村謙, 金田義朗, 他, “—(II)キャプセル設計及び核熱条件の検討”, 同上 J 37 (1983).
- 8) 倉沢利昌, 吉田浩, 竹下英文, 他, “—(III)トリチウム放出挙動”, 同上 J 38 (1983).
- 9) 松井智明, 梶本与一, 後藤孝徳, 他, “—(IV)トリチウム除去及び安全管理”, 同上 J 39 (1983).
- 10) 吉田浩, 竹下英文, 小西哲之, 他, “トリチウム水からのトリチウム回収を目的とした触媒還元法の研究”, JAERI-M 82-158 (1982).
- 11) 笹本宣雄, 田坂完二, 小山謹二, “核分裂生成物による $\gamma$ 線スペクトル計算コードFP- $\gamma$ ”, JAERI-memo 3776 (公開) (1969).
- 12) 吉田浩, 清水徳, 沼田和義, 他, “水素およびメタンによるトリチウム除去システムの模擬実験”, 日本原子力学会誌, 23, 923 (1981).
- 13) Hiroji Katsuta and Kajuo Furukawa, “Hydrogen and Deuterium Transport Through Type 304 Stainless Steel at Elevated Temperatures”, J. Nucl. Sci. Technol., 18, 143 (1981).
- 14) 東海研究所保健物理部, 他, “保健物理 — 管理と研究 — No. 22”, JAERI-M 9066, P 107 (1980).

Table 1. Chemical Species of Tritium in the Hood Ventilation Air

Species	Calendar Day of Monitoring				Average Values $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$
	7/28	7/29	7/30	7/31	
HTO	$2.6 \times 10^{-5}$	$2.0 \times 10^{-5}$	$2.1 \times 10^{-5}$	$1.9 \times 10^{-5}$	$2.1 \times 10^{-5}$
HT(T <sub>2</sub> )	$1.0 \times 10^{-7}$	$9.5 \times 10^{-8}$	$1.1 \times 10^{-7}$	$3.4 \times 10^{-7}$	$1.6 \times 10^{-7}$

Table 2 Comparison between Estimated Air Contamination and Observed One (4th Cycle)

Estimated values Ci/day	Observed values Ci/day
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ permeation through the wall of catalytic reduction bed <math>2 \times 10^{-5}</math></li> <li>◦ permeation through the wall of catalytic oxidation bed <math>2 \times 10^{-5}</math></li> <li>◦ leak from total system* <math>8 \times 10^{-7}</math> (maximum)</li> </ul>	<p>HT(T<sub>2</sub>) : <math>2.3 \times 10^{-5}</math></p> <p>HTO : <math>3.0 \times 10^{-3}</math></p>

\* total helium leak rate <  $6.4 \times 10^{-6}$  atm.cm<sup>3</sup>/sec

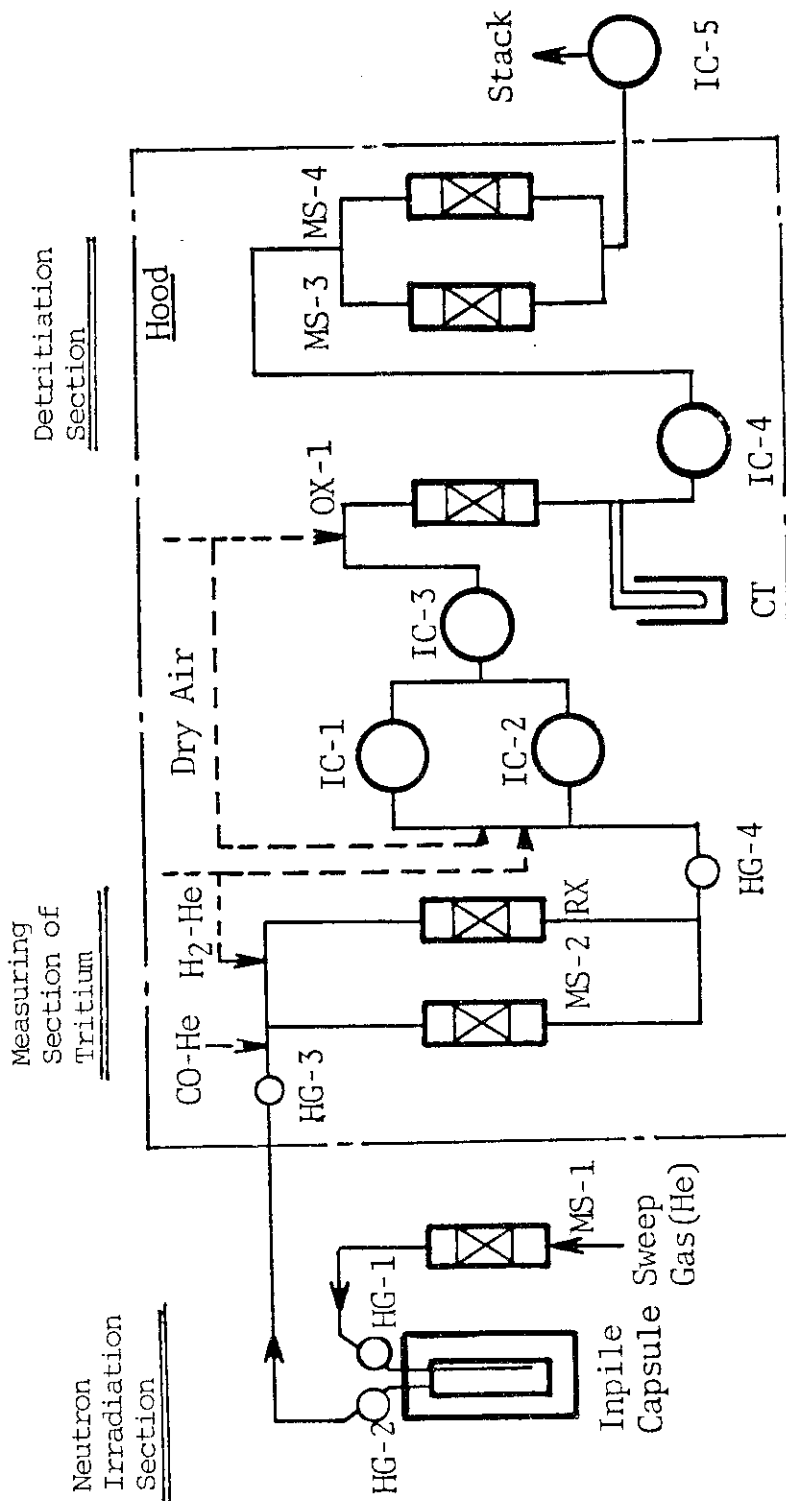
Table 3 Total Amount of Tritium Exhausted to Environment via the Stuck of JRR-2

Source	Species	Amount of Tritium mCi
exhausted from the Hood	THO(T <sub>2</sub> O)	27*
	HT(T <sub>2</sub> )	0.83
exhausted from the detritiation system	HT(T <sub>2</sub> ) and HTO	140* + ~1**

\* exhausted mainly in 4th Cycle

\*\* including radioactive rare gases(Kr,Xe)





- MS-1~4 ; Molecular Sieve Bed
- RX-1 ; Catalytic Reduction Bed
- OX ; Catalytic Oxidation Bed
- CT ; Liq.N<sub>2</sub> Trap
- IC-1~5 ; Ionization Chamber
- HG-1~4 ; Hygrometer

Fig. 1 Schematic Flow Sheet of Experimental Apparatus for In-pile Test of Li<sub>2</sub>O Pellet

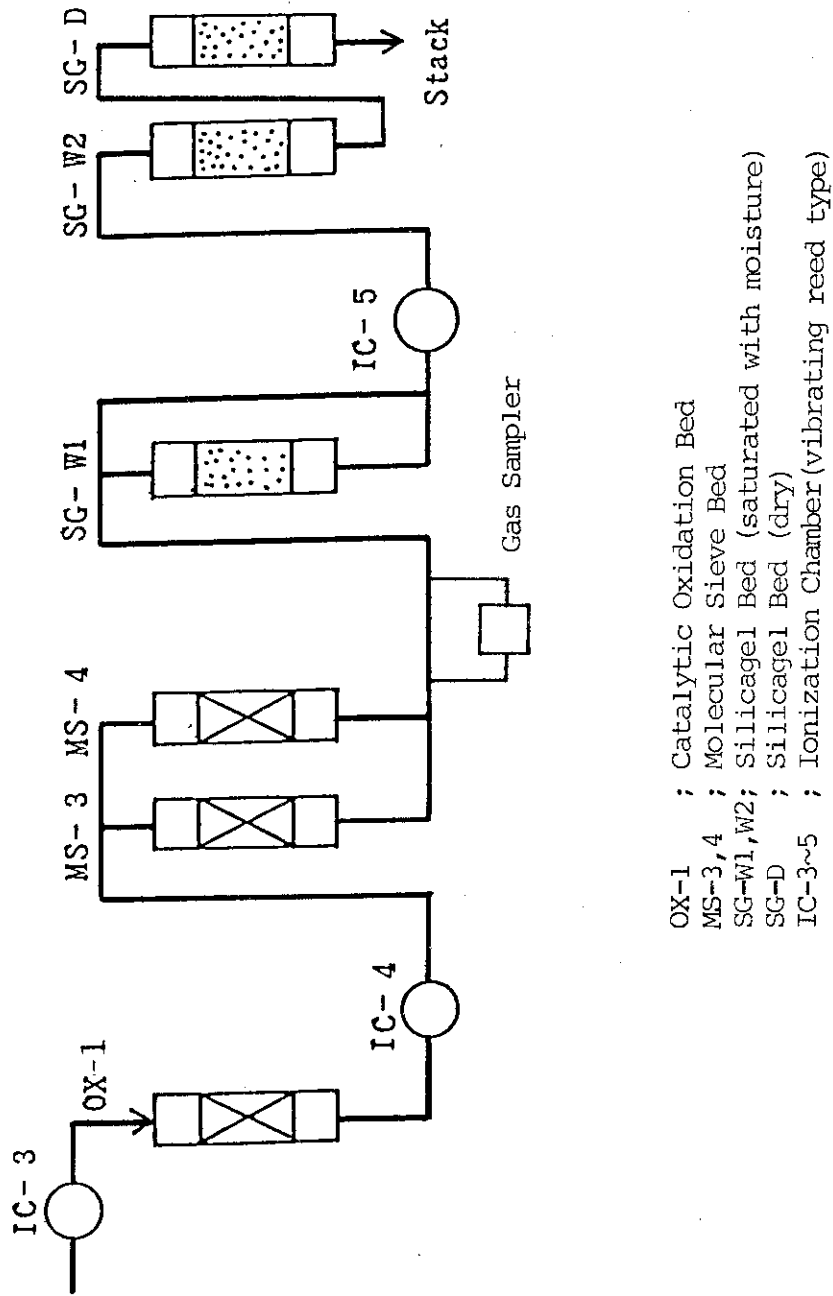


Fig. 2 Schematic Flow Sheet of Detritiation System and the Exhaust Gas Monitoring Equipments

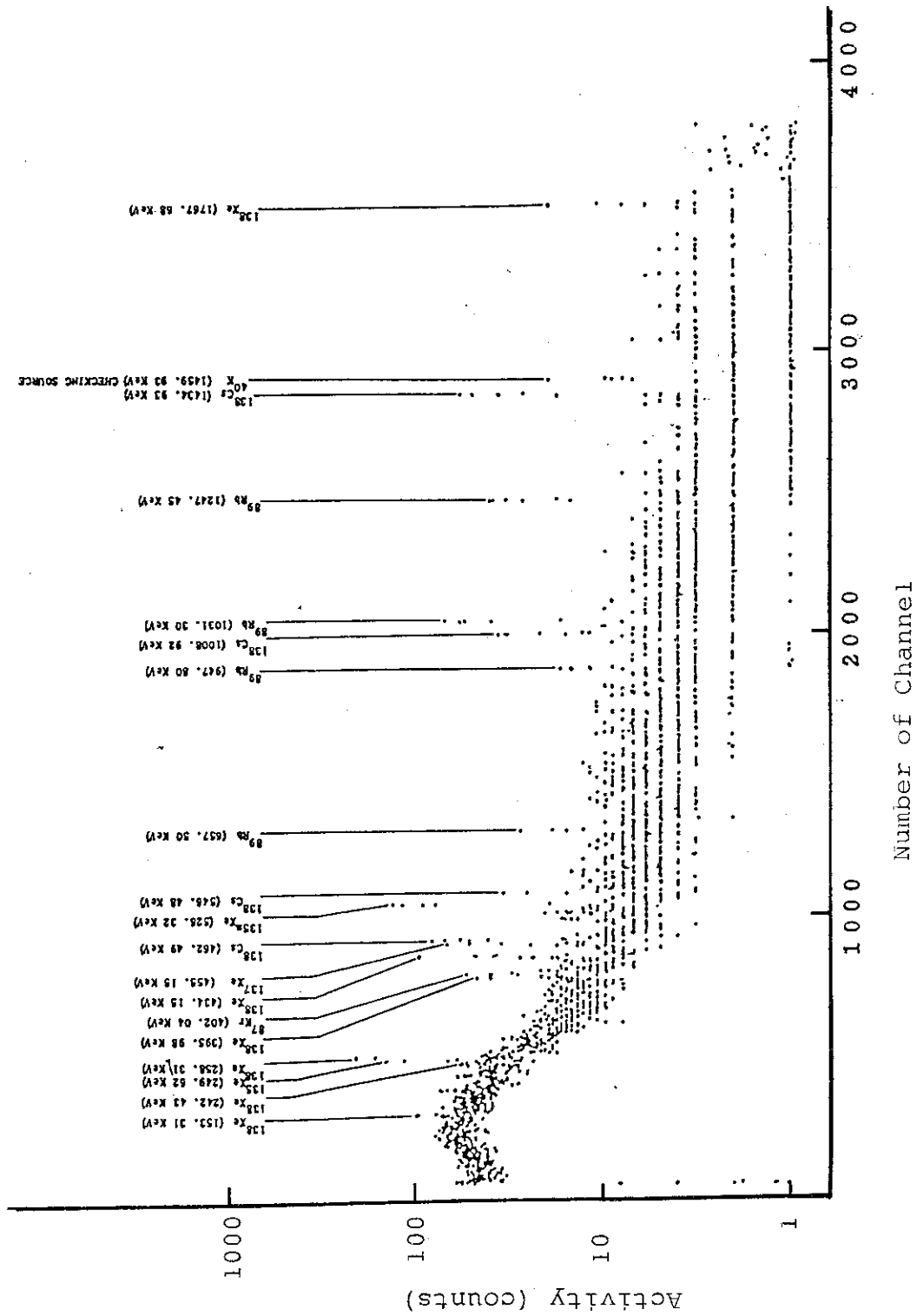


Fig. 3 Gamma Spectrometry of Sweep Gas Exhausted from Detritiation System (4th Cycle)

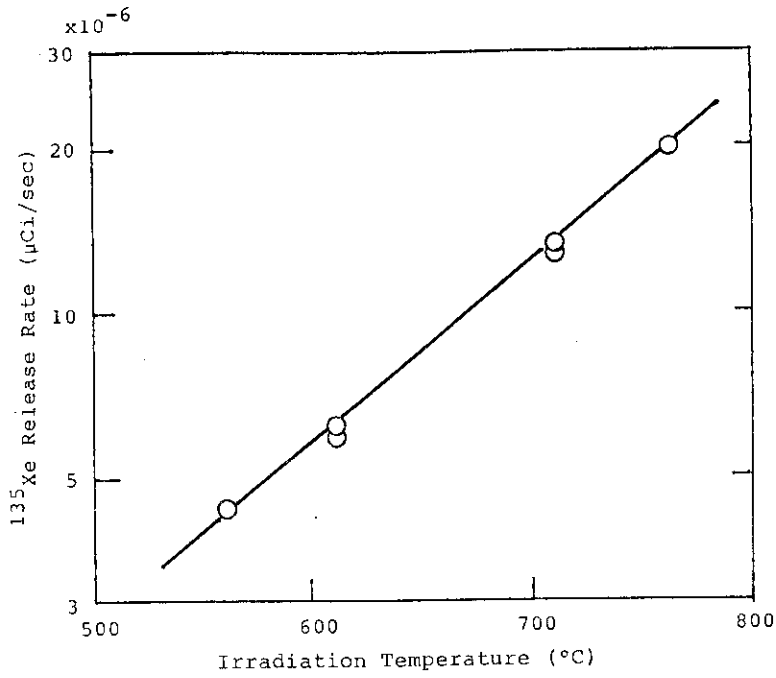


Fig. 4 Temperature Dependence of  $^{135}\text{Xe}$  Release Rate in Helium Sweep Gas from In-pile Capsule(4th Cycle)

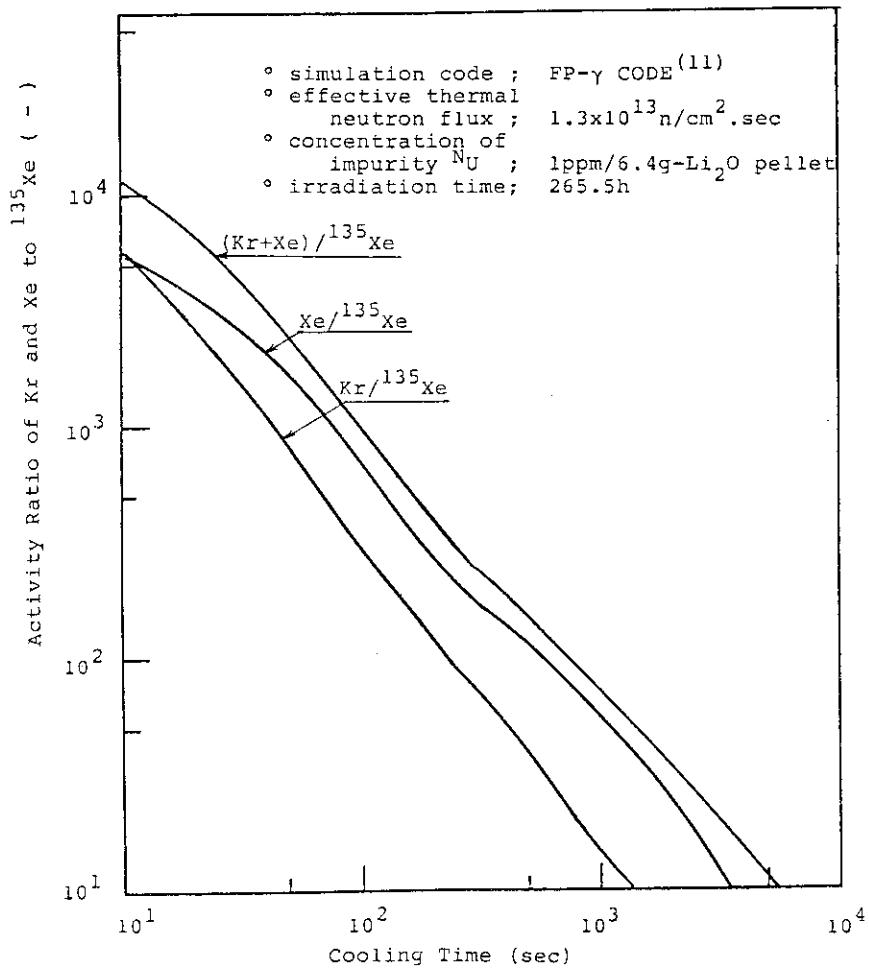


Fig. 5 Decay Characteristics of FP-inert Gases Released from Neutron Irradiated Natural Uranium

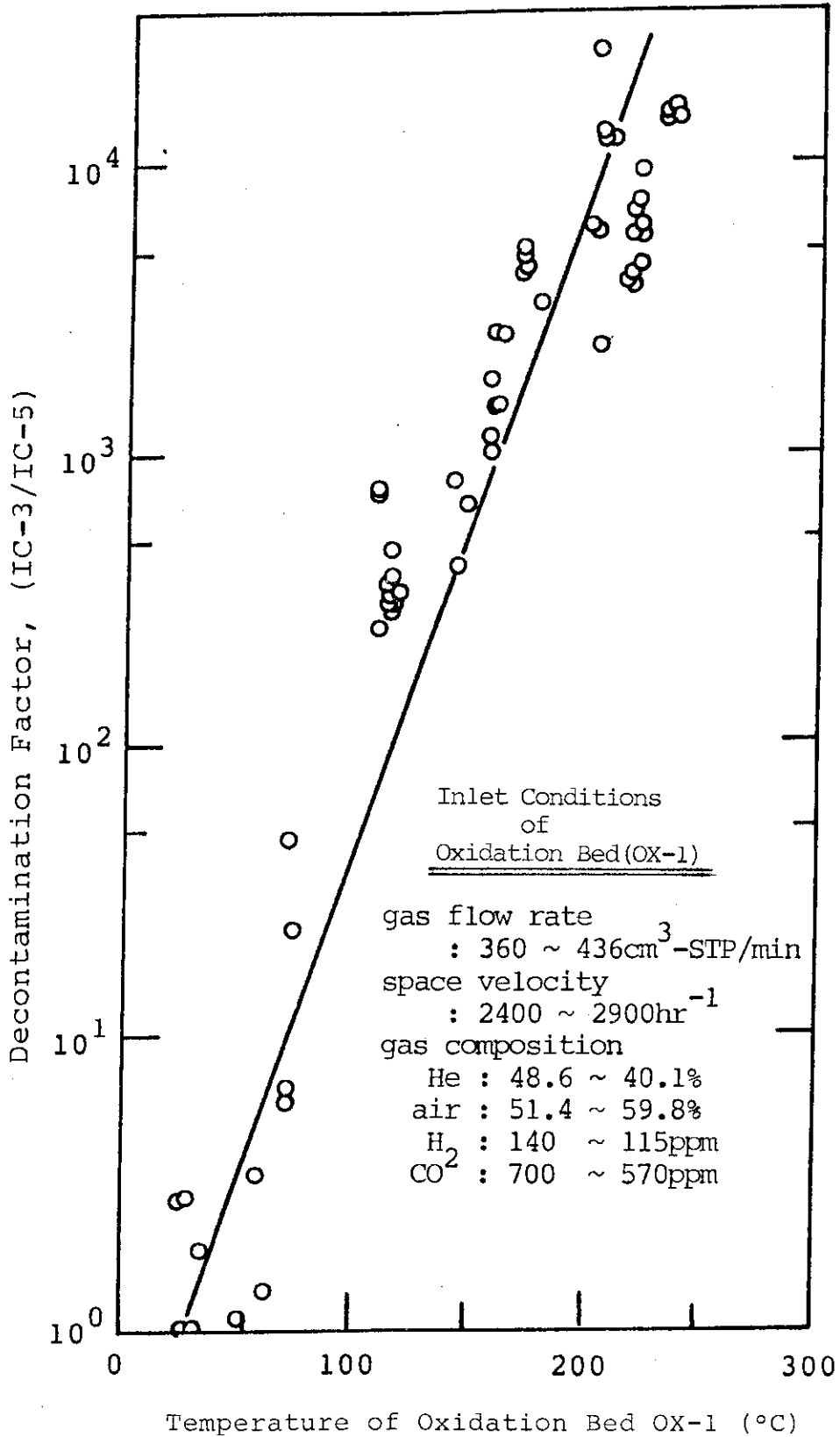


Fig. 6 Performance of Detritiation System (4th Cycle)

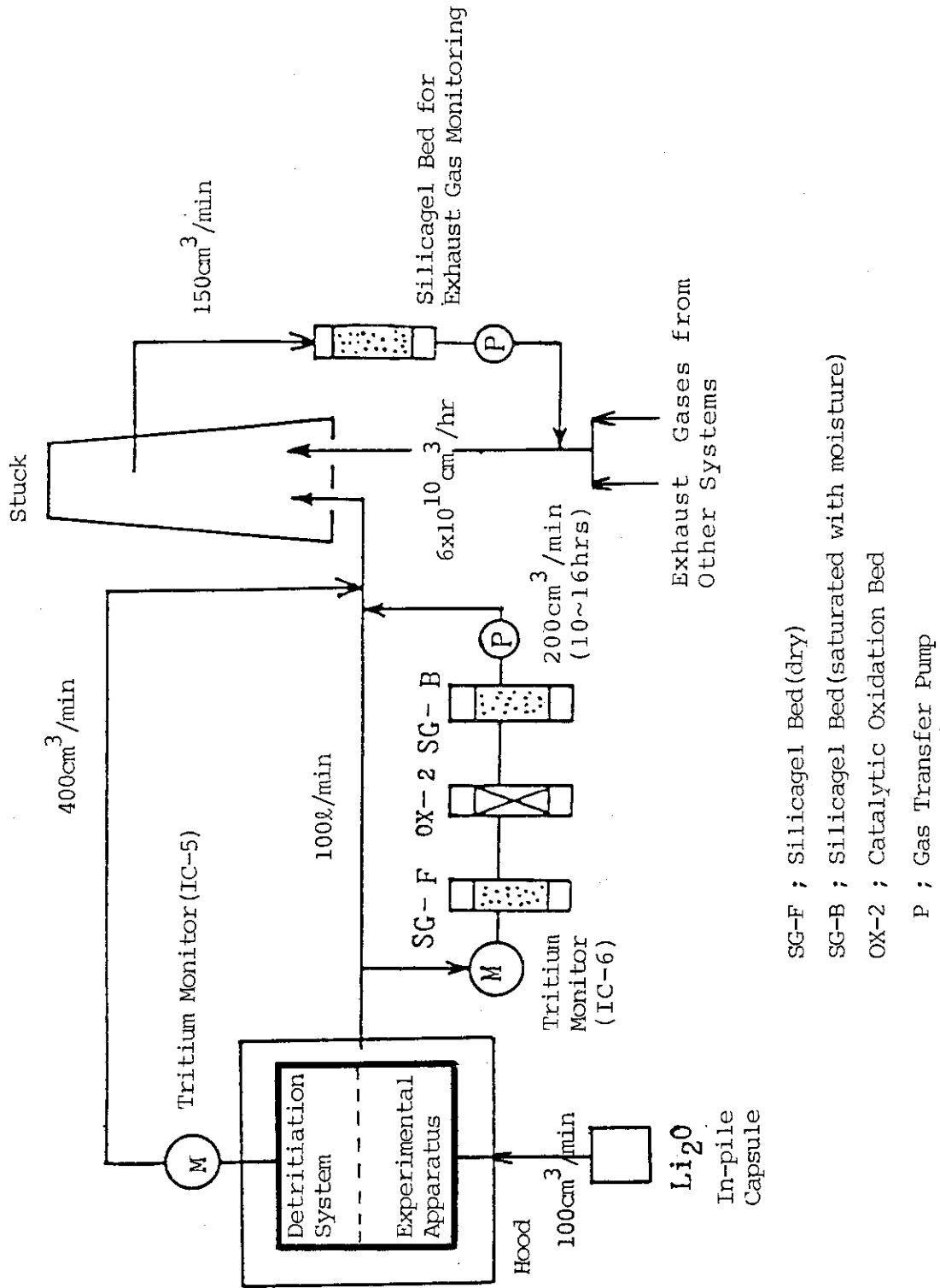


Fig. 7 Schematic Flow Sheet of Tritium Monitoring System for In-pile Experiment

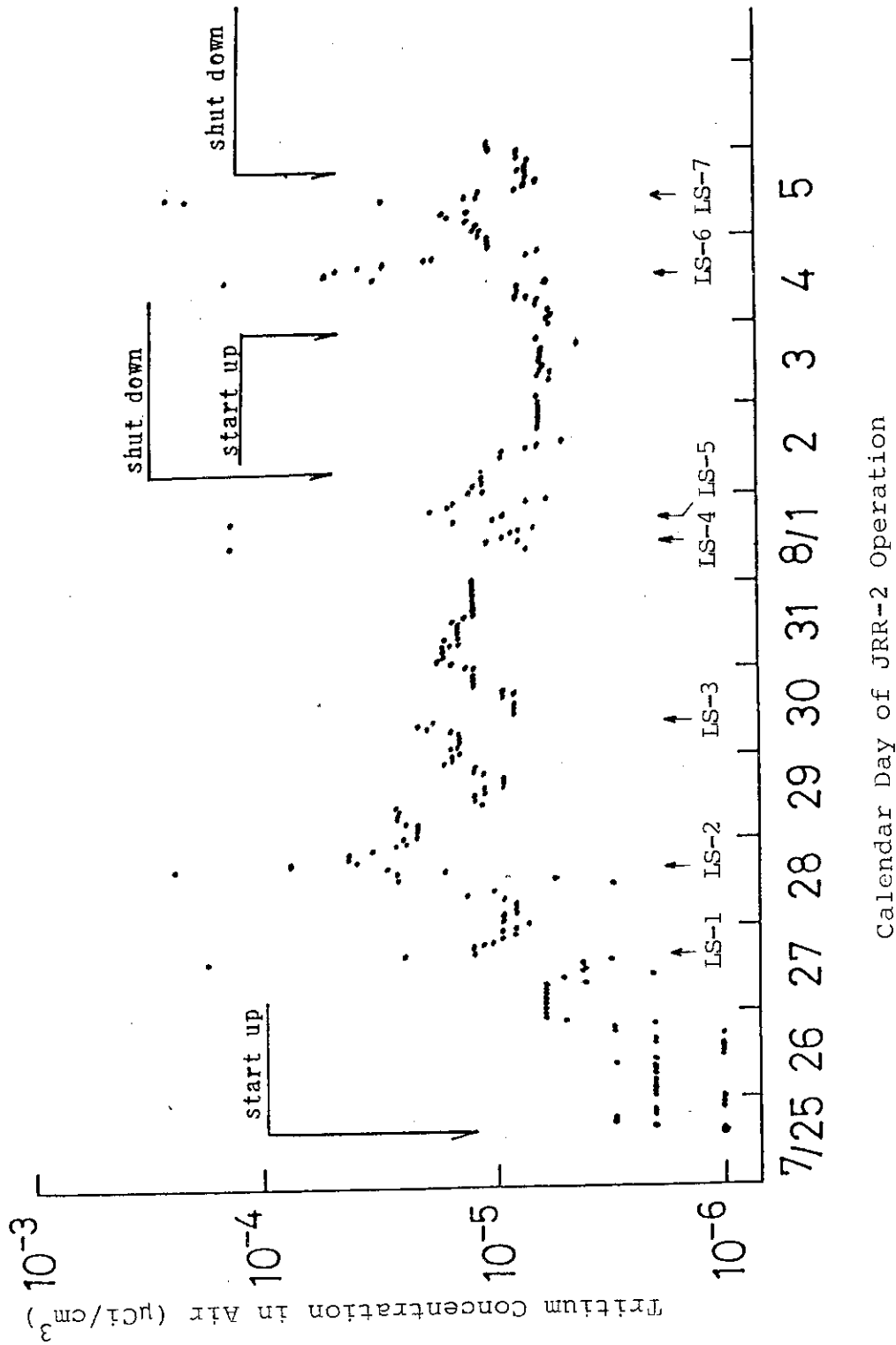


Fig. 8 Variation of Tritium Concentration in Hood Ventilation Air (4th Cycle)

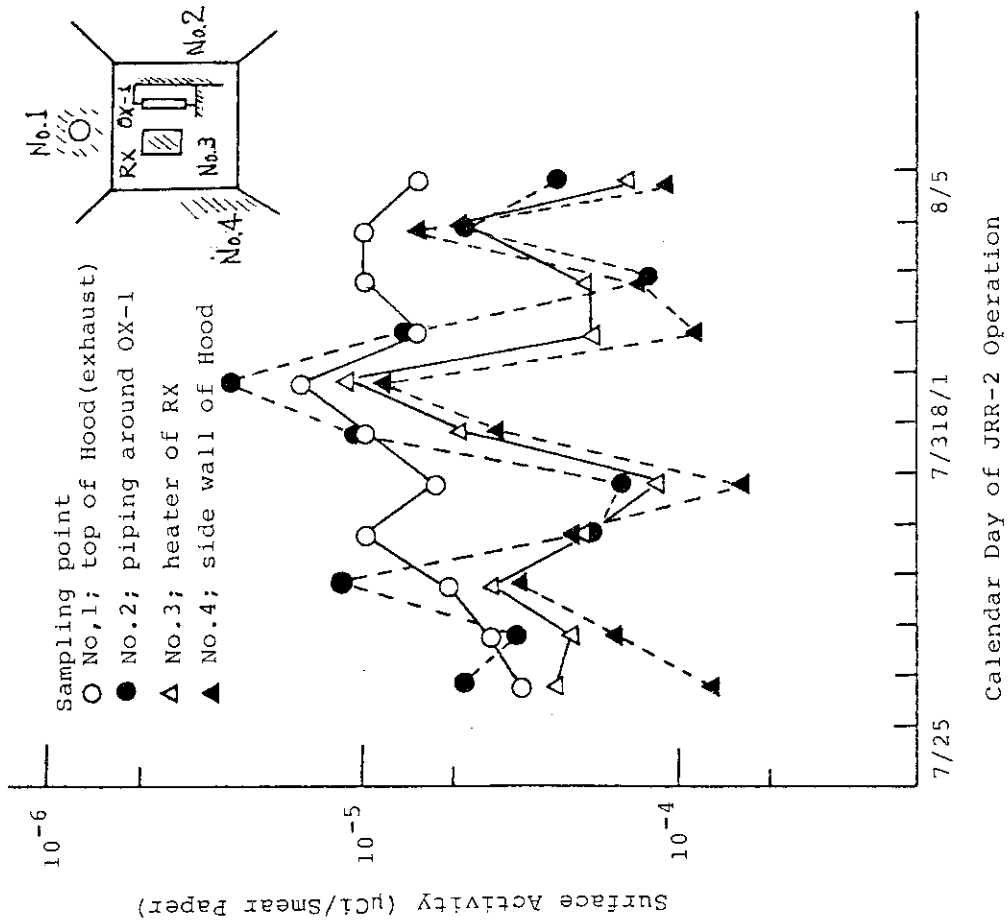


Fig. 9 Smear-test Result of Surface Contamination in Hood (4th Cycle)

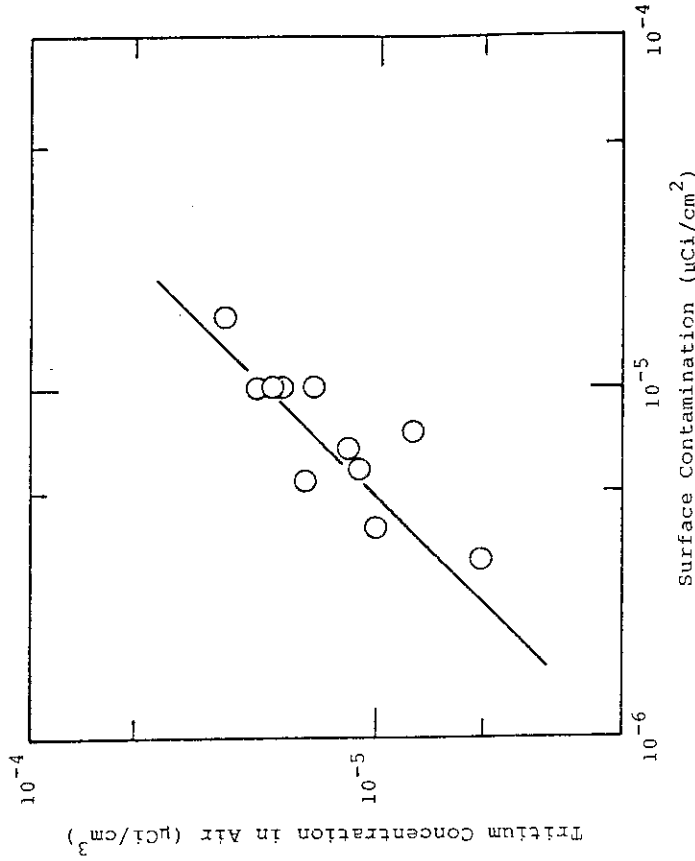


Fig. 10 Relationship between Tritium Concentration in the Ventilation Air and Surface Contamination in the vicinity of the Exhaust Hole of Hood (4th Cycle)



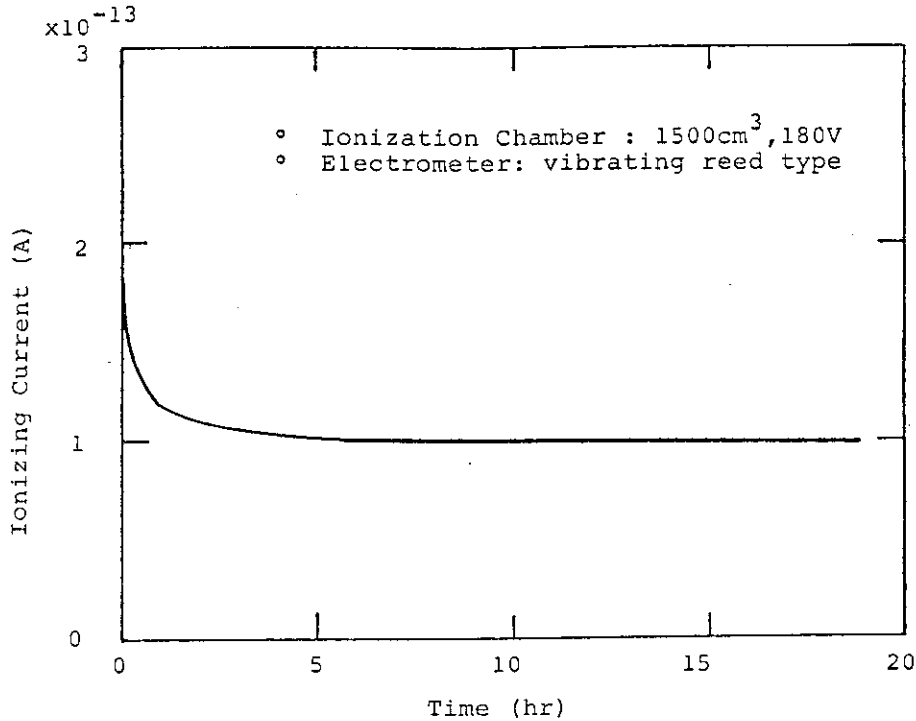


Fig. A.1 Calibration of Tritium-Radioactive gas Mixture by Decay Counting Method with Ionization Chamber

Table A.1 Process Monitoring and Ionization Chamber

Process	Tritium Concentration ( $\mu\text{Ci}/\text{m}^3$ )	Specification of Ionization Chamber	
		volume(l)	voltage(V)
TWT ETC XCS/DCS	5 ~ 20 (50)	1.5	200
FCU ISS	$(0.1 \sim 10) \times 10^6$	0.3	300
GC	$> 10^4$	20 ~ 100	300

TWT: tritium waste treatment system, ETC: emergency tritium cleanup system  
 XCS: experimental contamination study,  
 DCS: decontamination study  
 FCU: fuel cleanup system, ISS: isotope separation system  
 GC : gas chromatography

Table A.2 Radioactivity of Gaseous Nuclides from Natural Uranium included in Li<sub>2</sub>O Pellet ( <sup>N</sup>U ; 1wppm/6.4g-Li<sub>2</sub>O )

ELEMENT	COOLING TIME														
	10. SEC	20. SEC	30. SEC	60. SEC	2. MIN	3. MIN	4. MIN	5. MIN	10. MIN	20. HOUR	50. HOUR	100. HOUR	15. MIN		
SELENIUM	1.039E-04	7.507E-05	5.540E-05	2.551E-05	9.302E-06	5.204E-06	3.573E-06	2.726E-06	1.104E-06	5.684E-07					
BROMINE	4.446E-04	1.996E-04	1.236E-04	5.061E-05	1.645E-05	7.308E-06	3.530E-06	1.790E-06	2.278E-07	1.495E-07					
KRYPTON	3.578E-04	1.715E-04	1.036E-04	3.766E-05	1.386E-05	7.937E-06	5.581E-06	4.347E-06	1.808E-06	9.851E-07					
RUBIDIUM	5.468E-04	1.691E-04	7.429E-05	3.218E-05	1.933E-05	1.221E-05	7.961E-06	5.373E-06	1.256E-06	5.314E-07					
STRONTIUM	1.962E-04	1.743E-04	1.550E-04	1.099E-04	5.753E-05	3.217E-05	1.944E-05	1.279E-05	4.338E-06	2.830E-06					
TELLURIUM	3.661E-05	3.490E-05	3.329E-05	2.895E-05	2.221E-05	1.739E-05	1.394E-05	1.146E-05	6.130E-06	4.719E-06					
IODINE	3.822E-04	2.125E-04	1.451E-04	6.922E-05	2.671E-05	1.427E-05	8.762E-06	5.736E-06	1.556E-06	1.166E-06					
XENON	3.404E-04	2.316E-04	1.726E-04	8.287E-05	3.218E-05	1.848E-05	1.301E-05	1.033E-05	5.680E-06	3.813E-06					
CESIUM	2.616E-04	1.404E-04	1.084E-04	5.685E-05	2.062E-05	1.040E-05	6.488E-06	4.607E-06	2.096E-06	1.463E-06					
BARIUM	3.818E-04	2.173E-04	1.251E-04	2.823E-05	7.869E-06	6.887E-06	6.523E-06	6.197E-06	4.824E-06	3.792E-06					
KR + XE	6.982E-04	4.031E-04	2.762E-04	1.205E-04	4.604E-05	2.642E-05	1.859E-05	1.468E-05	7.488E-06	4.799E-06					
TOTAL	3.052E-03	1.626E-03	1.096E-03	5.219E-04	2.261E-04	1.323E-04	8.881E-05	6.535E-05	2.902E-05	2.002E-05					

ELEMENT	COOLING TIME														
	20. MIN	30. MIN	50. MIN	60. MIN	2. HOUR	5. HOUR	10. HOUR	20. HOUR	50. HOUR	100. HOUR	15. MIN				
SELENIUM	3.577E-07	2.122E-07	1.152E-07	8.711E-08	1.640E-08	1.108E-08	2.705E-08	3.007E-08	3.007E-08	3.007E-08					
BROMINE	1.276E-07	1.059E-07	8.000E-08	7.044E-08	3.780E-08	1.254E-08	2.938E-09	1.659E-09	2.750E-09	9.203E-10					
KRYPTON	6.960E-07	5.411E-07	4.688E-07	4.431E-07	3.209E-07	1.367E-07	4.174E-08	5.486E-09	3.581E-11	4.016E-12					
RUBIDIUM	3.092E-07	1.646E-07	6.939E-08	4.597E-08	3.969E-09	3.821E-12	8.786E-13	8.651E-13	8.259E-13	7.644E-13					
STRONTIUM	2.061E-06	1.253E-06	7.409E-07	6.618E-07	5.105E-07	2.990E-07	1.451E-07	5.405E-08	7.121E-09	1.494E-09					
TELLURIUM	4.075E-06	3.260E-06	2.229E-06	1.878E-06	7.646E-07	1.336E-07	5.968E-08	3.053E-08	1.668E-08	1.046E-08					
IODINE	1.088E-06	9.923E-07	8.375E-07	7.733E-07	5.148E-07	2.713E-07	1.748E-07	9.202E-08	2.529E-08	6.737E-09					
XENON	2.782E-06	1.699E-06	7.593E-07	5.234E-07	9.550E-08	4.452E-08	3.081E-08	1.496E-08	2.235E-09	6.186E-10					
CESIUM	1.065E-06	5.861E-07	2.119E-07	1.403E-07	2.669E-08	5.581E-10	1.697E-11	1.595E-11	1.546E-11	1.472E-11					
BARIUM	3.011E-06	1.967E-06	9.808E-07	7.484E-07	2.920E-07	6.604E-08	1.216E-08	7.260E-09	6.755E-09	6.034E-09					
KR + XE	3.478E-06	2.240E-06	1.228E-06	9.665E-07	4.164E-07	1.812E-07	7.255E-08	2.045E-08	2.271E-09	6.226E-10					
TOTAL	1.557E-05	1.078E-05	6.493E-06	5.372E-06	2.583E-06	9.644E-07	4.672E-07	2.045E-07	5.814E-08	2.536E-08					

\*\*\*\*\* RADIOACTIVITY OF KRYPTON

continue

NUCLIDE	HALF LIFE	COOLING TIME														
		10. SEC	20. SEC	30. SEC	60. SEC	2. MIN	3. MIN	4. MIN	5. MIN	10. MIN	50. MIN	10. HOUR	20. HOUR	50. HOUR	100. HOUR	
KR 83M	1.9 H	2.506E-08	2.503E-08	2.501E-08	2.493E-08	2.478E-08	2.462E-08	2.447E-08	2.432E-08	2.418E-08	2.403E-08	2.388E-08	2.373E-08	2.358E-08	2.343E-08	2.285E-08
85M	4.4 H	8.226E-08	8.223E-08	8.219E-08	8.208E-08	8.187E-08	8.165E-08	8.144E-08	8.123E-08	8.102E-08	8.081E-08	8.060E-08	8.039E-08	8.018E-08	7.997E-08	7.912E-08
85	10.8 Y	3.007E-13	3.010E-13	3.014E-13	3.025E-13	3.046E-13	3.067E-13	3.089E-13	3.110E-13	3.131E-13	3.152E-13	3.173E-13	3.194E-13	3.215E-13	3.236E-13	3.323E-13
87	1.3 H	2.439E-07	2.435E-07	2.432E-07	2.421E-07	2.399E-07	2.377E-07	2.355E-07	2.334E-07	2.312E-07	2.290E-07	2.268E-07	2.246E-07	2.224E-07	2.202E-07	2.130E-07
88	2.8 H	2.741E-07	2.739E-07	2.738E-07	2.732E-07	2.721E-07	2.709E-07	2.698E-07	2.687E-07	2.676E-07	2.665E-07	2.654E-07	2.643E-07	2.632E-07	2.621E-07	2.579E-07
89	3.2 M	1.025E-05	9.884E-06	9.533E-06	8.555E-06	6.889E-06	5.547E-06	4.467E-06	3.597E-06	2.826E-06	2.155E-06	1.584E-06	1.013E-06	5.422E-07	2.851E-07	1.280E-07
90	33.0 S	6.306E-05	5.111E-05	4.143E-05	2.206E-05	1.003E-04	1.774E-06	5.030E-07	1.426E-07	3.825E-13	3.562E-22	3.299E-31	3.036E-40	2.773E-49	2.510E-58	2.247E-67
91	10.0 S	2.054E-04	1.027E-04	5.134E-05	6.417E-06	1.003E-07	1.567E-09	2.448E-11	3.825E-13	3.562E-22	3.299E-31	3.036E-40	2.773E-49	2.510E-58	2.247E-67	2.084E-76
92	3.0 S	6.937E-05	6.883E-06	6.828E-07	6.668E-10	6.359E-16	6.064E-22	5.783E-28	5.514E-34	5.245E-40	4.976E-46	4.707E-52	4.438E-58	4.169E-64	3.900E-70	3.631E-76
93	2.0 S	8.650E-06	2.703E-07	8.446E-09	2.577E-13	2.399E-22	2.233E-31	2.079E-40	1.936E-49	1.798E-58	1.656E-67	1.514E-76	1.372E-85	1.230E-94	1.088E-103	0.0
94	1.4 S	5.131E-07	3.631E-09	2.569E-11	9.101E-18	1.142E-30	1.433E-43	1.798E-56	2.256E-69	2.710E-82	3.164E-95	3.618E-108	4.072E-121	4.526E-134	4.980E-147	5.434E-160
95	0.8 S	1.370E-09	2.366E-13	4.083E-17	2.101E-28	5.558E-51	1.471E-73	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL		3.578E-04	1.715E-04	1.036E-04	3.766E-05	1.386E-05	7.937E-06	5.581E-06	4.347E-06	1.808E-06	5.486E-07	1.514E-07	4.169E-08	1.113E-08	2.969E-09	7.519E-10

NUCLIDE	HALF LIFE	COOLING TIME														
		20. MIN	30. MIN	50. MIN	60. MIN	2. HOUR	5. HOUR	10. HOUR	20. HOUR	50. HOUR	100. HOUR					
KR 83M	1.9 H	2.216E-08	2.082E-08	1.839E-08	1.728E-08	1.191E-08	3.892E-09	6.039E-10	1.454E-11	2.028E-16	1.639E-24					
85M	4.4 H	7.809E-08	7.607E-08	7.218E-08	7.031E-08	6.006E-08	3.744E-08	1.703E-08	3.524E-09	3.123E-11	1.185E-14					
85	10.8 Y	3.429E-13	3.639E-13	4.058E-13	4.265E-13	5.485E-13	8.911E-13	1.391E-12	2.172E-12	3.418E-12	4.004E-12					
87	1.3 H	2.035E-07	1.858E-07	1.548E-07	1.413E-07	8.176E-08	1.583E-08	1.026E-09	4.312E-12	3.197E-19	4.185E-31					
88	2.8 H	2.526E-07	2.424E-07	2.232E-07	2.142E-07	1.672E-07	7.956E-08	2.307E-08	1.941E-09	1.155E-12	4.865E-18					
89	3.2 M	1.396E-07	1.600E-08	2.102E-10	2.409E-11	5.464E-17	6.372E-34	3.822E-62	0.0	0.0	0.0					
90	33.0 S	8.793E-16	2.956E-21	3.341E-32	1.123E-37	1.622E-70	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
91	10.0 S	3.089E-40	2.679E-58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
92	3.0 S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
93	2.0 S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
94	1.4 S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
95	0.8 S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
TOTAL		6.960E-07	5.411E-07	4.688E-07	4.431E-07	3.209E-07	1.367E-07	4.174E-08	5.486E-09	3.581E-11	4.016E-12					

\*\*\*\*\* RADIOACTIVITY OF XENON

continue

NUCLIDE	HALF LIFE	COOLING TIME														
		10. SEC	20. SEC	30. SEC	60. SEC	2. MIN	3. MIN	4. MIN	5. MIN	10. HOUR	20. HOUR	50. HOUR	100. HOUR	15. MIN	MIN	
XE131M	11.8 D	3.552E-14	3.552E-14	3.552E-14	3.552E-14	3.552E-14	3.552E-14	3.552E-14	3.552E-14	3.552E-14	3.552E-14	3.552E-14	3.552E-14	3.552E-14	3.552E-14	
133M	2.3 D	1.020E-13	1.020E-13	1.019E-13	1.019E-13	1.019E-13	1.019E-13	1.019E-13	1.019E-13	1.019E-13	1.019E-13	1.019E-13	1.019E-13	1.019E-13	1.016E-13	
133	5.3 D	1.011E-09	1.011E-09	1.011E-09	1.011E-09	1.011E-09	1.011E-09	1.011E-09	1.011E-09	1.011E-09	1.011E-09	1.011E-09	1.011E-09	1.011E-09	1.010E-09	
135M	15.6 M	1.455E-07	1.444E-07	1.434E-07	1.402E-07	1.341E-07	1.283E-07	1.227E-07	1.174E-07	1.174E-07	1.174E-07	1.174E-07	1.174E-07	1.174E-07	7.527E-08	
135	9.2 H	5.917E-08	5.919E-08	5.920E-08	5.926E-08	5.935E-08	5.944E-08	5.953E-08	5.960E-08	5.960E-08	5.960E-08	5.960E-08	5.960E-08	5.960E-08	6.004E-08	
137	3.9 M	1.168E-05	1.134E-05	1.101E-05	1.008E-05	8.435E-06	7.061E-06	5.911E-06	4.949E-06	4.949E-06	4.949E-06	4.949E-06	4.949E-06	4.949E-06	8.368E-07	
138	17.0 M	5.200E-06	5.165E-06	5.130E-06	5.027E-06	4.826E-06	4.633E-06	4.448E-06	4.270E-06	4.270E-06	4.270E-06	4.270E-06	4.270E-06	4.270E-06	2.840E-06	
139	43.0 S	1.003E-04	8.536E-05	7.266E-05	4.480E-05	1.703E-05	6.474E-06	2.461E-06	9.355E-07	9.355E-07	9.355E-07	9.355E-07	9.355E-07	9.355E-07	5.896E-11	
140	16.0 S	1.987E-04	1.288E-04	8.533E-05	2.277E-05	1.693E-06	1.258E-07	9.350E-09	6.949E-10	6.949E-10	6.949E-10	6.949E-10	6.949E-10	6.949E-10	3.575E-21	
141	2.0 S	2.180E-05	6.813E-07	2.129E-08	6.496E-13	6.047E-22	5.630E-31	5.241E-40	4.879E-49	4.879E-49	4.879E-49	4.879E-49	4.879E-49	4.879E-49	0.0	
142	1.5 S	2.507E-06	2.468E-08	2.429E-10	2.316E-16	2.107E-28	1.916E-40	1.742E-52	1.584E-64	1.584E-64	1.584E-64	1.584E-64	1.584E-64	1.584E-64	0.0	
143	1.0 S	4.350E-08	4.248E-11	4.148E-14	3.863E-23	3.350E-41	2.905E-59	2.519E-77	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
144	1.0 S	5.712E-09	5.578E-12	5.447E-15	5.073E-24	4.399E-42	3.815E-60	3.309E-78	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
TOTAL		3.404E-04	2.316E-04	1.726E-04	8.287E-05	3.218E-05	1.848E-05	1.301E-05	1.033E-05	1.033E-05	1.033E-05	1.033E-05	1.033E-05	1.033E-05	3.813E-06	

NUCLIDE	HALF LIFE	COOLING TIME														
		20. MIN	30. MIN	50. MIN	60. MIN	2. HOUR	5. HOUR	10. HOUR	20. HOUR	50. HOUR	100. HOUR	15. MIN	MIN	MIN	MIN	
XE131M	11.8 D	3.549E-14	3.548E-14	3.545E-14	3.544E-14	3.535E-14	3.509E-14	3.466E-14	3.383E-14	3.383E-14	3.383E-14	3.383E-14	3.383E-14	3.383E-14	2.781E-14	
133M	2.3 D	1.015E-13	1.013E-13	1.009E-13	1.007E-13	9.939E-14	9.565E-14	8.973E-14	7.896E-14	7.896E-14	7.896E-14	7.896E-14	7.896E-14	7.896E-14	2.841E-14	
133	5.3 D	1.009E-09	1.009E-09	1.007E-09	1.006E-09	1.000E-09	9.840E-10	9.574E-10	9.063E-10	9.063E-10	9.063E-10	9.063E-10	9.063E-10	9.063E-10	5.847E-10	
135M	15.6 M	6.028E-08	3.865E-08	1.589E-08	1.019E-08	7.087E-10	2.383E-13	3.873E-19	1.023E-30	1.023E-30	1.023E-30	1.023E-30	1.023E-30	1.023E-30	0.0	
135	9.2 H	6.009E-08	5.995E-08	5.909E-08	5.852E-08	5.452E-08	4.351E-08	2.985E-08	1.405E-08	1.405E-08	1.405E-08	1.405E-08	1.405E-08	1.405E-08	3.390E-11	
137	3.9 M	3.441E-07	5.818E-08	1.664E-09	2.813E-10	6.575E-15	8.395E-29	5.856E-52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
138	17.0 M	2.316E-06	1.541E-06	6.817E-07	4.534E-07	3.927E-08	2.551E-11	1.243E-16	2.949E-27	2.949E-27	2.949E-27	2.949E-27	2.949E-27	2.949E-27	0.0	
139	43.0 S	4.681E-13	2.950E-17	1.172E-25	7.384E-30	4.627E-55	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
140	16.0 S	8.107E-27	4.170E-38	1.103E-60	5.676E-72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
141	2.0 S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
142	1.5 S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
143	1.0 S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
144	1.0 S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
TOTAL		2.782E-06	1.699E-06	7.593E-07	5.234E-07	9.550E-08	4.452E-08	3.081E-08	1.449E-08	1.449E-08	1.449E-08	1.449E-08	1.449E-08	1.449E-08	6.186E-10	

\*\*\*\*\* RADIOACTIVITY OF SELENIUM

continue

NUCLIDE	HALF LIFE	COOLING TIME															
		10. SEC	20. SEC	30. SEC	60. SEC	2. MIN	3. MIN	4. MIN	5. MIN	10. MIN	20. MIN	30. MIN	4. HOUR	5. HOUR	10. HOUR	15. MIN	
SE 77M	17.5 S	3.943E-14	2.653E-14	1.786E-14	5.442E-15	5.054E-16	4.693E-17	4.359E-18	4.048E-19	2.797E-24	2.797E-24	4.048E-19	4.359E-18	4.693E-17	5.054E-16	5.442E-15	5.797E-24
79M	3.9 M	1.914E-10	1.858E-10	1.804E-10	1.650E-10	1.382E-10	1.157E-10	9.682E-11	8.106E-11	3.333E-11	3.333E-11	8.106E-11	9.682E-11	1.157E-10	1.382E-10	1.650E-10	1.804E-10
79	6.5E4 Y	3.004E-17	3.004E-17	3.004E-17	3.005E-17	3.005E-17	3.005E-17	3.005E-17	3.005E-17	3.006E-17	3.006E-17	3.006E-17	3.006E-17	3.006E-17	3.006E-17	3.006E-17	3.006E-17
81	18.6 M	1.103E-08	1.096E-08	1.090E-08	1.070E-08	1.030E-08	9.928E-09	9.565E-09	9.215E-09	7.648E-09	7.648E-09	9.215E-09	9.565E-09	9.928E-09	1.030E-08	1.070E-08	1.090E-08
83	25.0 M	4.513E-07	4.492E-07	4.471E-07	4.410E-07	4.289E-07	4.172E-07	4.058E-07	3.947E-07	3.436E-07	3.436E-07	3.947E-07	4.058E-07	4.172E-07	4.289E-07	4.410E-07	4.492E-07
84	3.3 M	5.928E-06	5.724E-06	5.527E-06	4.976E-06	4.034E-06	3.269E-06	2.650E-06	2.148E-06	7.515E-07	7.515E-07	2.148E-06	2.650E-06	3.269E-06	4.034E-06	4.976E-06	5.724E-06
85	39.0 S	3.005E-05	2.516E-05	2.106E-05	1.236E-05	4.254E-06	1.465E-06	5.042E-07	1.736E-07	8.391E-10	8.391E-10	1.736E-07	5.042E-07	1.465E-06	4.254E-06	1.236E-05	2.516E-05
87	16.0 S	6.743E-05	4.372E-05	2.835E-05	7.729E-06	5.744E-07	4.270E-08	3.173E-09	2.359E-10	5.349E-16	5.349E-16	2.359E-10	3.173E-09	4.270E-08	7.729E-06	2.835E-05	4.372E-05
TOTAL		1.039E-04	7.507E-05	5.540E-05	2.551E-05	9.302E-06	5.204E-06	3.573E-06	2.726E-06	1.104E-06	1.104E-06	2.726E-06	3.573E-06	5.204E-06	9.302E-06	1.039E-04	7.507E-05

NUCLIDE	HALF LIFE	COOLING TIME															
		20. MIN	30. MIN	50. MIN	60. MIN	2. HOUR	5. HOUR	10. HOUR	20. HOUR	50. HOUR	100. HOUR	20. MIN	30. MIN	50. MIN	60. MIN	2. HOUR	
SE 77M	17.5 S	1.335E-34	6.372E-45	1.452E-65	6.930E-76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
79M	3.9 M	5.636E-12	9.530E-13	2.725E-14	4.607E-15	1.077E-19	1.375E-33	9.592E-57	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
79	6.5E4 Y	3.006E-17	3.007E-17	3.007E-17	3.007E-17	3.007E-17	3.007E-17	3.007E-17	3.007E-17	3.007E-17	3.007E-17	3.007E-17	3.007E-17	3.007E-17	3.007E-17	3.007E-17	3.007E-17
81	18.6 M	5.269E-09	3.630E-09	1.723E-09	1.187E-09	1.268E-10	1.549E-13	2.161E-18	4.208E-28	3.106E-57	3.106E-57	4.208E-28	2.161E-18	1.549E-13	1.268E-10	1.187E-09	3.630E-09
83	25.0 M	2.604E-07	1.973E-07	1.133E-07	8.590E-08	1.628E-08	1.107E-10	2.702E-14	1.611E-21	3.410E-43	3.410E-43	1.611E-21	2.702E-14	1.107E-10	8.590E-08	1.973E-07	2.604E-07
84	3.3 M	9.198E-08	1.126E-08	1.687E-10	2.064E-11	6.941E-17	2.638E-33	1.134E-60	0.0	0.0	0.0	0.0	1.134E-60	2.638E-33	6.941E-17	1.687E-10	1.126E-08
85	39.0 S	1.962E-14	4.585E-19	2.506E-28	5.857E-33	9.557E-61	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
87	16.0 S	2.752E-27	1.415E-38	3.745E-61	1.927E-72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL		3.577E-07	2.122E-07	1.152E-07	8.711E-08	1.640E-08	1.108E-10	2.705E-14	3.007E-17	3.007E-17	3.007E-17	3.007E-17	3.007E-17	3.007E-17	3.007E-17	3.007E-17	3.007E-17

\*\*\*\*\* RADIOACTIVITY OF BROMINE

continue

NUCLIDE	HALF LIFE	COOLING TIME														
		10. SEC	20. SEC	30. SEC	60. SEC	2. MIN	3. MIN	4. MIN	5. MIN	10. HOUR	20. HOUR	50. HOUR	100. HOUR	15. MIN		
BR 80	17.6 M	3.220E-12	3.199E-12	3.178E-12	3.116E-12	2.995E-12	2.880E-12	2.769E-12	2.662E-12	2.562E-12	2.466E-12	2.374E-12	2.286E-12	2.202E-12	1.795E-12	
82	1.5 D	6.542E-13	6.542E-13	6.541E-13	6.540E-13	6.538E-13	6.536E-13	6.534E-13	6.532E-13	6.529E-13	6.527E-13	6.525E-13	6.523E-13	6.521E-13	6.510E-13	
83	2.4 H	5.208E-08	5.204E-08	5.199E-08	5.187E-08	5.162E-08	5.137E-08	5.113E-08	5.088E-08	5.063E-08	5.038E-08	5.013E-08	4.988E-08	4.963E-08	4.850E-08	
84	31.8 M	1.155E-07	1.151E-07	1.147E-07	1.134E-07	1.110E-07	1.086E-07	1.063E-07	1.040E-07	1.017E-07	9.943E-08	9.769E-08	9.595E-08	9.421E-08	8.360E-08	
85	3.0 M	5.136E-07	4.942E-07	4.755E-07	4.236E-07	3.362E-07	2.669E-07	2.118E-07	1.681E-07	1.244E-07	8.073E-08	4.702E-08	1.531E-08	5.195E-09	1.668E-08	
86	54.0 S	3.961E-05	3.484E-05	3.064E-05	2.085E-05	9.652E-06	4.468E-06	2.069E-06	9.576E-07	4.291E-07	1.910E-07	8.421E-08	3.711E-08	1.611E-08	4.329E-10	
87	55.0 S	1.968E-05	1.735E-05	1.530E-05	1.048E-05	4.920E-06	2.310E-06	1.084E-06	5.090E-07	2.310E-07	1.010E-07	4.421E-08	1.911E-08	8.421E-09	2.647E-10	
88	16.0 S	1.623E-04	1.052E-04	6.824E-05	1.860E-05	1.383E-06	1.028E-07	7.638E-09	5.677E-10	4.211E-11	3.111E-12	2.211E-13	1.511E-14	1.011E-15	2.920E-21	
89	4.5 S	1.917E-04	4.109E-05	8.807E-06	8.669E-08	8.401E-12	8.141E-16	7.889E-20	7.644E-24	7.398E-28	7.147E-32	6.896E-36	6.645E-40	6.394E-44	5.581E-64	
90	1.6 S	3.057E-05	4.017E-07	5.277E-09	1.197E-14	6.157E-26	3.167E-37	1.629E-48	8.380E-60	4.211E-71	2.111E-82	1.011E-93	5.111E-104	2.611E-115	0.0	
TOTAL		4.446E-04	1.996E-04	1.236E-04	5.061E-05	1.645E-05	7.308E-06	3.530E-06	1.790E-06	8.711E-07	4.211E-07	2.111E-07	1.011E-07	5.111E-08	1.495E-07	

NUCLIDE	HALF LIFE	COOLING TIME														
		20. MIN	30. MIN	50. MIN	60. MIN	2. HOUR	5. HOUR	10. HOUR	20. HOUR	50. HOUR	100. HOUR	15. MIN				
BR 80	17.6 M	1.474E-12	9.944E-13	4.523E-13	3.051E-13	2.872E-14	2.396E-17	1.771E-22	9.680E-33	1.580E-63	0.0	0.0	0.0	0.0		
82	1.5 D	6.500E-13	6.479E-13	6.436E-13	6.415E-13	6.391E-13	6.367E-13	6.343E-13	6.319E-13	6.295E-13	6.271E-13	6.247E-13	6.223E-13	6.199E-13		
83	2.4 H	4.735E-08	4.514E-08	4.101E-08	3.909E-08	2.932E-08	1.237E-08	2.937E-09	1.655E-10	2.962E-14	1.683E-20	0.0	0.0	0.0		
84	31.8 M	7.497E-08	6.039E-08	3.899E-08	3.135E-08	8.477E-09	1.676E-10	2.423E-13	5.063E-19	4.621E-36	1.842E-64	0.0	0.0	0.0		
85	3.0 M	5.254E-09	5.212E-10	5.131E-12	5.090E-13	4.855E-19	4.212E-37	3.324E-67	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
86	54.0 S	9.205E-12	4.162E-15	8.507E-22	3.846E-25	3.284E-45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
87	55.0 S	6.035E-12	3.138E-15	8.482E-22	4.410E-25	8.713E-45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
88	16.0 S	6.623E-27	3.407E-38	9.015E-61	4.637E-72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
89	4.5 S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
90	1.6 S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
TOTAL		1.276E-07	1.059E-07	8.000E-08	7.044E-08	3.780E-08	1.254E-08	2.938E-09	1.659E-10	2.750E-13	9.203E-14	0.0	0.0	0.0		

\*\*\*\*\* RADIOACTIVITY OF RUBIDIUM

continue

NUCLIDE	HALF LIFE	COOLING TIME														
		10. SEC	20. SEC	30. SEC	60. SEC	2. MIN	3. MIN	4. MIN	5. MIN	10. MIN	20. HOUR	50. HOUR	100. HOUR	15. MIN	MIN	
RB 84	33.0 D	1.277E-18	1.277E-18	1.277E-18	1.277E-18	1.277E-18	1.277E-18	1.277E-18	1.277E-18	1.277E-18	1.277E-18	1.277E-18	1.277E-18	1.277E-18	1.277E-18	
86	18.7 D	8.923E-13	8.923E-13	8.923E-13	8.923E-13	8.923E-13	8.923E-13	8.923E-13	8.923E-13	8.923E-13	8.923E-13	8.923E-13	8.923E-13	8.923E-13	8.923E-13	
88	17.8 M	3.069E-07	3.049E-07	3.030E-07	2.971E-07	2.858E-07	2.749E-07	2.644E-07	2.543E-07	2.493E-07	2.403E-07	2.329E-07	2.296E-07	2.221E-07	2.172E-07	
89	15.4 M	2.380E-07	2.362E-07	2.344E-07	2.292E-07	2.191E-07	2.095E-07	2.003E-07	1.914E-07	1.836E-07	1.768E-07	1.714E-07	1.666E-07	1.622E-07	1.581E-07	
90	2.9 M	7.957E-06	7.646E-06	7.348E-06	6.520E-06	5.134E-06	4.042E-06	3.183E-06	2.506E-06	2.031E-06	1.648E-06	1.348E-06	1.104E-06	8.920E-06	7.504E-06	
91	1.2 M	3.948E-05	3.586E-05	3.257E-05	2.440E-05	1.369E-05	7.685E-06	4.313E-06	2.421E-06	1.348E-06	7.299E-07	4.138E-07	2.296E-07	1.277E-07	6.096E-07	
92	5.3 S	2.160E-04	5.840E-05	1.579E-05	3.123E-07	1.221E-10	4.774E-14	1.867E-17	7.299E-21	6.670E-24	6.096E-27	5.535E-30	5.000E-33	4.500E-36	4.000E-39	
93	5.6 S	2.080E-04	6.034E-05	1.750E-05	4.269E-07	2.540E-10	1.512E-13	8.996E-17	5.335E-20	3.995E-23	3.200E-26	2.600E-29	2.100E-32	1.700E-35	1.400E-38	
94	2.9 S	5.626E-05	5.154E-06	4.721E-07	3.630E-10	2.148E-16	1.269E-22	7.499E-29	4.433E-35	3.200E-40	2.231E-46	1.678E-52	1.277E-58	9.920E-64	7.920E-70	
95	2.5 S	1.854E-05	1.159E-06	7.242E-08	1.768E-11	1.054E-18	6.280E-26	3.743E-33	2.231E-40	1.678E-46	1.277E-52	9.920E-58	7.920E-64	6.336E-70	5.077E-76	
TOTAL		5.468E-04	1.691E-04	7.429E-05	3.218E-05	1.933E-05	1.221E-05	7.961E-06	5.373E-06	3.651E-06	2.555E-06	1.777E-06	1.277E-06	9.277E-06	6.927E-06	

NUCLIDE	HALF LIFE	COOLING TIME														
		20. MIN	30. MIN	50. MIN	60. MIN	2. HOUR	5. HOUR	10. HOUR	20. HOUR	50. HOUR	100. HOUR	15. MIN	MIN	MIN	MIN	
RB 84	33.0 D	1.277E-18	1.277E-18	1.276E-18	1.276E-18	1.275E-18	1.272E-18	1.266E-18	1.255E-18	1.223E-18	1.170E-18	1.100E-18	1.000E-18	9.000E-18	8.000E-18	
86	18.7 D	8.919E-13	8.916E-13	8.912E-13	8.909E-13	8.896E-13	8.855E-13	8.786E-13	8.651E-13	8.451E-13	8.170E-13	7.820E-13	7.410E-13	6.950E-13	6.450E-13	
88	17.8 M	1.418E-07	9.605E-08	4.408E-08	2.986E-08	2.887E-09	2.608E-12	2.201E-17	1.569E-27	5.676E-58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
89	15.4 M	9.746E-08	6.214E-08	2.526E-08	1.610E-08	1.082E-09	3.278E-13	4.481E-19	8.373E-31	5.464E-66	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
90	2.9 M	6.950E-08	6.367E-09	5.344E-11	4.896E-12	2.895E-18	5.985E-37	4.326E-68	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
91	1.2 M	4.178E-10	1.295E-12	1.245E-17	3.860E-20	3.428E-35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
92	5.3 S	5.571E-72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
93	5.6 S	2.225E-68	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
94	2.9 S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
95	2.5 S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
TOTAL		3.092E-07	1.646E-07	6.939E-08	4.597E-08	3.969E-09	3.821E-12	8.786E-13	8.651E-13	8.259E-13	7.644E-13	7.170E-13	6.741E-13	6.336E-13	5.927E-13	

\*\*\*\*\* RADIOACTIVITY OF STRONTIUM

continue

NUCLIDE	HALF LIFE	COOLING TIME																	
		10. SEC	20. SEC	30. SEC	60. SEC	2. MIN	3. MIN	4. MIN	5. MIN	10. MIN	15. MIN	1.402E-09	1.402E-12	1.402E-09	1.402E-12				
SR 89	52.0 D	1.402E-09	1.402E-09	1.402E-09	1.402E-09	1.402E-09	1.402E-09	1.402E-09	1.402E-09	1.402E-09	1.402E-09	1.402E-09	1.402E-09	1.402E-09	1.402E-09	1.401E-09	1.401E-12	1.401E-09	1.401E-12
90	28.1 Y	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12
91	9.7 H	2.069E-07	2.069E-07	2.069E-07	2.069E-07	2.069E-07	2.069E-07	2.069E-07	2.069E-07	2.069E-07	2.069E-07	2.069E-07	2.069E-07	2.069E-07	2.069E-07	2.069E-07	2.069E-07	2.069E-07	2.069E-07
92	2.7 H	5.492E-07	5.488E-07	5.484E-07	5.472E-07	5.449E-07	5.426E-07	5.403E-07	5.380E-07	5.357E-07	5.334E-07	5.311E-07	5.288E-07	5.265E-07	5.242E-07	5.219E-07	5.196E-07	5.173E-07	5.150E-07
93	8.0 M	7.536E-06	7.428E-06	7.322E-06	7.011E-06	6.429E-06	5.896E-06	5.406E-06	4.958E-06	4.510E-06	4.062E-06	3.614E-06	3.166E-06	2.718E-06	2.270E-06	1.822E-06	1.374E-06	9.29E-07	4.84E-07
94	1.3 M	6.958E-05	6.365E-05	5.825E-05	4.462E-05	2.618E-05	1.536E-05	9.012E-06	5.288E-06	3.677E-06	2.557E-06	1.796E-06	1.279E-06	8.64E-07	5.92E-07	4.01E-07	2.81E-07	1.94E-07	1.33E-07
95	48.0 S	1.183E-04	1.024E-04	8.864E-05	5.747E-05	2.416E-05	1.016E-05	4.271E-06	1.796E-06	8.64E-07	4.01E-07	2.81E-07	1.94E-07	1.33E-07	9.29E-08	6.58E-08	4.67E-08	3.36E-08	2.44E-08
TOTAL		1.962E-04	1.743E-04	1.550E-04	1.099E-04	5.753E-05	3.217E-05	1.944E-05	1.279E-05	8.64E-06	4.338E-06	2.830E-06	1.94E-06	1.33E-06	9.29E-07	6.58E-07	4.67E-07	3.36E-07	2.44E-07

NUCLIDE	HALF LIFE	COOLING TIME																	
		20. MIN	30. MIN	50. MIN	60. MIN	2. HOUR	5. HOUR	10. HOUR	20. HOUR	50. HOUR	100. HOUR	1.398E-09	1.398E-12	1.398E-09	1.398E-12				
SR 89	52.0 D	1.401E-09	1.401E-09	1.401E-09	1.401E-09	1.400E-09	1.398E-09	1.394E-09	1.386E-09	1.378E-09	1.363E-09	1.351E-09	1.340E-09	1.330E-09	1.320E-09	1.310E-09	1.300E-09	1.290E-09	1.280E-09
90	28.1 Y	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12	9.022E-12
91	9.7 H	2.021E-07	1.997E-07	1.950E-07	1.927E-07	1.793E-07	1.446E-07	1.011E-07	7.47E-08	5.435E-08	4.011E-08	3.011E-08	2.288E-08	1.747E-08	1.334E-08	1.011E-08	7.64E-09	5.81E-09	4.44E-09
92	2.7 H	5.047E-07	4.836E-07	4.41E-07	4.255E-07	3.295E-07	1.530E-07	4.258E-08	3.299E-08	2.588E-08	2.021E-08	1.534E-08	1.141E-08	8.64E-09	6.58E-09	5.01E-09	3.81E-09	2.81E-09	2.02E-09
93	8.0 M	1.352E-06	5.682E-07	1.004E-07	4.223E-08	2.333E-10	3.931E-17	2.021E-28	5.340E-51	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
94	1.3 M	1.778E-09	8.595E-12	2.009E-16	9.714E-19	1.241E-32	2.586E-74	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
95	48.0 S	4.072E-12	7.028E-16	2.093E-23	3.613E-27	9.548E-50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL		2.061E-06	1.253E-06	7.409E-07	6.618E-07	5.105E-07	2.990E-07	1.451E-07	5.405E-08	7.121E-09	1.494E-09	3.36E-10	4.67E-11	6.58E-12	9.29E-13	1.33E-13	1.94E-14	2.81E-15	4.01E-16



\*\*\*\*\* RADIOACTIVITY OF TELLURIUM

continue

NUCLIDE	HALF LIFE	COOLING TIME														
		10. SEC	20. SEC	30. SEC	60. SEC	2. MIN	3. MIN	4. MIN	5. MIN	10. HOUR	20. HOUR	50. HOUR	100. HOUR	15. MIN		
TE125M	58.0 D	1.799E-16	1.799E-16	1.799E-16	1.799E-16	1.799E-16	1.799E-16	1.799E-16	1.799E-16	1.799E-16	1.799E-16	1.799E-16	1.799E-16	1.799E-16	1.799E-16	
127M	109.0 D	3.406E-12	3.406E-12	3.406E-12	3.406E-12	3.406E-12	3.406E-12	3.406E-12	3.406E-12	3.406E-12	3.406E-12	3.406E-12	3.406E-12	3.406E-12	3.406E-12	
127	9.4 H	1.532E-11	1.531E-11	1.530E-11	1.529E-11	1.527E-11	1.526E-11	1.525E-11	1.524E-11	1.523E-11	1.522E-11	1.521E-11	1.520E-11	1.519E-11	1.518E-11	
129M	34.0 D	7.966E-14	7.966E-14	7.966E-14	7.966E-14	7.966E-14	7.966E-14	7.966E-14	7.966E-14	7.966E-14	7.966E-14	7.966E-14	7.966E-14	7.966E-14	7.966E-14	
129	1.1 H	2.003E-08	1.999E-08	1.996E-08	1.986E-08	1.966E-08	1.946E-08	1.927E-08	1.908E-08	1.814E-08	1.814E-08	1.814E-08	1.814E-08	1.814E-08	1.814E-08	
131M	1.2 D	2.062E-09	2.062E-09	2.062E-09	2.062E-09	2.061E-09	2.060E-09	2.059E-09	2.058E-09	2.058E-09	2.058E-09	2.058E-09	2.058E-09	2.058E-09	2.058E-09	
131	25.0 M	3.000E-07	2.986E-07	2.972E-07	2.931E-07	2.851E-07	2.773E-07	2.698E-07	2.624E-07	2.285E-07	2.285E-07	2.285E-07	2.285E-07	2.285E-07	2.285E-07	
132	3.2 D	2.425E-08	2.425E-08	2.424E-08	2.424E-08	2.424E-08	2.424E-08	2.423E-08	2.423E-08	2.423E-08	2.423E-08	2.423E-08	2.423E-08	2.423E-08	2.423E-08	
133M	50.0 M	8.088E-07	8.070E-07	8.051E-07	7.996E-07	7.886E-07	7.777E-07	7.670E-07	7.564E-07	7.038E-07	7.038E-07	7.038E-07	7.038E-07	7.038E-07	7.038E-07	
133	12.5 M	2.240E-06	2.220E-06	2.201E-06	2.145E-06	2.036E-06	1.934E-06	1.837E-06	1.745E-06	1.355E-06	1.355E-06	1.355E-06	1.355E-06	1.355E-06	1.355E-06	
134	42.0 M	3.300E-06	3.291E-06	3.282E-06	3.255E-06	3.202E-06	3.149E-06	3.098E-06	3.047E-06	2.806E-06	2.806E-06	2.806E-06	2.806E-06	2.806E-06	2.806E-06	
135	2.0 M	2.992E-05	2.824E-05	2.665E-05	2.241E-05	1.585E-05	1.121E-05	7.924E-06	5.603E-06	9.903E-07	9.903E-07	9.903E-07	9.903E-07	9.903E-07	9.903E-07	
TOTAL		3.661E-05	3.490E-05	3.329E-05	2.895E-05	2.221E-05	1.739E-05	1.394E-05	1.146E-05	6.130E-06	6.130E-06	6.130E-06	6.130E-06	6.130E-06	6.130E-06	

NUCLIDE	HALF LIFE	COOLING TIME														
		20. MIN	30. MIN	50. MIN	60. MIN	2. HOUR	5. HOUR	10. HOUR	20. HOUR	50. HOUR	100. HOUR	15. MIN				
TE125M	58.0 D	1.799E-16	1.798E-16	1.798E-16	1.798E-16	1.797E-16	1.794E-16	1.790E-16	1.781E-16	1.755E-16	1.711E-16	1.711E-16	1.711E-16	1.711E-16	1.711E-16	
127M	109.0 D	3.405E-12	3.405E-12	3.405E-12	3.405E-12	3.404E-12	3.401E-12	3.397E-12	3.388E-12	3.361E-12	3.317E-12	3.317E-12	3.317E-12	3.317E-12	3.317E-12	
127	9.4 H	1.503E-11	1.488E-11	1.460E-11	1.447E-11	1.367E-11	1.162E-11	9.059E-12	6.061E-12	3.593E-12	3.258E-12	3.258E-12	3.258E-12	3.258E-12	3.258E-12	
129M	34.0 D	7.964E-14	7.962E-14	7.960E-14	7.959E-14	7.952E-14	7.932E-14	7.898E-14	7.832E-14	7.635E-14	7.317E-14	7.317E-14	7.317E-14	7.317E-14	7.317E-14	
129	1.1 H	1.641E-08	1.484E-08	1.214E-08	1.098E-08	6.009E-09	9.851E-10	4.842E-11	1.663E-13	4.890E-14	4.761E-14	4.761E-14	4.761E-14	4.761E-14	4.761E-14	
131M	1.2 D	2.046E-09	2.039E-09	2.023E-09	2.015E-09	1.969E-09	1.837E-09	1.637E-09	1.299E-09	6.498E-10	2.046E-10	2.046E-10	2.046E-10	2.046E-10	2.046E-10	
131	25.0 M	1.733E-07	1.314E-07	7.568E-08	5.746E-08	1.125E-08	5.171E-10	4.326E-10	4.111E-10	3.530E-10	2.737E-10	2.737E-10	2.737E-10	2.737E-10	2.737E-10	
132	3.2 D	2.418E-08	2.414E-08	2.407E-08	2.403E-08	2.382E-08	2.319E-08	2.219E-08	2.030E-08	1.555E-08	9.970E-09	9.970E-09	9.970E-09	9.970E-09	9.970E-09	
133M	50.0 M	6.144E-07	5.349E-07	4.054E-07	3.529E-07	1.536E-07	1.267E-08	1.979E-10	4.832E-14	7.031E-25	6.097E-43	6.097E-43	6.097E-43	6.097E-43	6.097E-43	
133	12.5 M	8.351E-07	5.349E-07	2.601E-07	2.009E-07	1.112E-07	7.098E-08	3.500E-08	8.511E-09	1.224E-10	1.040E-13	1.040E-13	1.040E-13	1.040E-13	1.040E-13	
134	42.0 M	2.379E-06	2.017E-06	1.450E-06	1.229E-06	4.567E-07	2.342E-08	1.657E-10	8.293E-15	1.041E-27	3.275E-49	3.275E-49	3.275E-49	3.275E-49	3.275E-49	
135	2.0 M	3.095E-08	9.672E-10	9.444E-13	2.951E-14	2.748E-23	2.218E-50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
TOTAL		4.075E-06	3.260E-06	2.229E-06	1.878E-06	7.646E-07	1.336E-07	5.968E-08	3.053E-08	1.668E-08	1.046E-08	1.046E-08	1.046E-08	1.046E-08	1.046E-08	

\*\*\*\*\* RADIOACTIVITY OF IODINE

continue

NUCLIDE	HALF LIFE	COOLING TIME														
		10. SEC	20. SEC	30. SEC	60. SEC	2. MIN	3. MIN	4. MIN	5. MIN	10. HOUR	20. HOUR	50. HOUR	100. HOUR	15. MIN		
I 126	13.0 D	2.129E-15	2.129E-15	2.129E-15	2.129E-15	2.129E-15	2.129E-15	2.129E-15	2.129E-15	2.129E-15	2.129E-15	2.129E-15	2.129E-15	2.128E-15	2.128E-15	
I 128	25.0 M	3.303E-11	3.288E-11	3.273E-11	3.227E-11	3.139E-11	3.053E-11	2.970E-11	2.889E-11	2.809E-11	2.730E-11	2.652E-11	2.575E-11	2.500E-11	2.426E-11	
I 129	1.6E7 Y	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	
I 130	12.4 H	9.322E-12	9.320E-12	9.319E-12	9.315E-12	9.306E-12	9.297E-12	9.289E-12	9.280E-12	9.271E-12	9.262E-12	9.253E-12	9.244E-12	9.235E-12	9.226E-12	
I 131	8.0 D	4.014E-09	4.014E-09	4.013E-09	4.013E-09	4.013E-09	4.013E-09	4.013E-09	4.013E-09	4.013E-09	4.013E-09	4.013E-09	4.013E-09	4.012E-09	4.012E-09	
I 132	2.3 H	9.919E-09	9.911E-09	9.902E-09	9.878E-09	9.828E-09	9.779E-09	9.730E-09	9.681E-09	9.632E-09	9.583E-09	9.534E-09	9.485E-09	9.436E-09	9.387E-09	
I 133	21.0 H	1.065E-07	1.065E-07	1.065E-07	1.064E-07	1.064E-07	1.063E-07	1.063E-07	1.062E-07	1.062E-07	1.062E-07	1.062E-07	1.062E-07	1.059E-07	1.056E-07	
I 134	52.8 M	9.250E-07	9.229E-07	9.209E-07	9.149E-07	9.030E-07	8.912E-07	8.796E-07	8.681E-07	8.567E-07	8.454E-07	8.342E-07	8.230E-07	8.119E-07	8.008E-07	
I 135	6.7 H	2.630E-07	2.629E-07	2.628E-07	2.626E-07	2.621E-07	2.617E-07	2.612E-07	2.608E-07	2.603E-07	2.598E-07	2.593E-07	2.588E-07	2.583E-07	2.578E-07	
I 136	1.4 M	5.032E-05	4.629E-05	4.258E-05	3.315E-05	2.008E-05	1.217E-05	7.372E-06	4.467E-06	2.608E-06	1.491E-06	8.232E-07	4.747E-07	2.747E-07	1.635E-07	
I 137	22.3 S	1.622E-04	1.189E-04	8.718E-05	5.436E-05	3.337E-06	8.290E-07	1.288E-07	2.000E-08	1.808E-08	1.635E-08	1.481E-08	1.335E-08	1.198E-08	1.073E-08	
I 138	5.9 S	1.468E-04	4.536E-05	1.401E-05	4.129E-07	3.586E-10	3.114E-13	2.704E-16	2.349E-19	1.160E-34	5.731E-50	0.0	0.0	0.0	0.0	
I 139	2.0 S	2.151E-05	6.723E-07	2.101E-08	6.410E-13	5.967E-22	5.555E-31	5.172E-40	4.815E-49	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
TOTAL		3.822E-04	2.125E-04	1.451E-04	6.922E-05	2.671E-05	1.427E-05	8.762E-06	5.736E-06	1.556E-06	1.556E-06	1.556E-06	1.556E-06	1.556E-06	1.556E-06	

NUCLIDE	HALF LIFE	COOLING TIME														
		20. MIN	30. MIN	50. MIN	60. MIN	2. HOUR	5. HOUR	10. HOUR	20. HOUR	50. HOUR	100. HOUR	15. MIN				
I 126	13.0 D	2.127E-15	2.127E-15	2.125E-15	2.124E-15	2.119E-15	2.105E-15	2.082E-15	2.036E-15	1.905E-15	1.705E-15	1.505E-15	1.305E-15	1.105E-15	0.0	
I 128	25.0 M	1.906E-11	1.444E-11	8.295E-12	6.287E-12	1.191E-12	8.101E-13	1.978E-18	1.179E-25	2.496E-47	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
I 129	1.6E7 Y	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	6.010E-19	
I 130	12.4 H	9.151E-12	9.066E-12	8.899E-12	8.816E-12	8.537E-12	7.050E-12	5.331E-12	3.048E-12	5.698E-13	3.482E-14	2.267E-15	1.481E-16	9.744E-17	6.410E-18	
I 131	8.0 D	4.009E-09	4.006E-09	4.002E-09	3.999E-09	3.985E-09	3.942E-09	3.872E-09	3.736E-09	3.555E-09	3.355E-09	3.155E-09	2.955E-09	2.755E-09	2.555E-09	
I 132	2.3 H	8.978E-09	8.539E-09	7.723E-09	7.344E-09	5.433E-09	2.200E-09	4.875E-10	2.394E-11	1.283E-12	6.804E-14	3.610E-15	1.905E-16	9.744E-17	4.955E-18	
I 133	21.0 H	1.053E-07	1.048E-07	1.036E-07	1.030E-07	9.970E-08	9.030E-08	7.656E-08	5.504E-08	2.045E-08	8.100E-09	3.355E-09	1.335E-09	5.355E-10	2.155E-10	
I 134	52.8 M	7.129E-07	6.252E-07	4.808E-07	4.217E-07	1.918E-07	1.806E-08	3.517E-10	1.335E-13	7.292E-24	5.735E-41	4.491E-09	8.452E-12	0.0	0.0	
I 135	6.7 H	2.541E-07	2.498E-07	2.413E-07	2.372E-07	2.139E-07	1.806E-08	1.568E-07	1.335E-13	7.292E-24	5.735E-41	4.491E-09	8.452E-12	0.0	0.0	
I 136	1.4 M	2.431E-09	1.621E-11	7.201E-16	4.800E-18	4.212E-31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
I 137	22.3 S	1.478E-20	1.208E-28	8.076E-45	6.602E-53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
I 138	5.9 S	2.831E-65	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
I 139	2.0 S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
TOTAL		1.088E-06	9.923E-07	8.375E-07	7.733E-07	5.148E-07	2.713E-07	1.748E-07	9.202E-08	2.529E-08	6.737E-09	1.666E-06	1.666E-06	1.666E-06	1.666E-06	



\*\*\*\*\* RADIOACTIVITY OF BARIUM

continue

NUCLIDE	HALF LIFE	COOLING TIME														
		10. SEC	20. SEC	30. SEC	60. SEC	2. MIN	3. MIN	4. MIN	5. MIN	10. MIN	50. MIN	15. MIN	10. HOUR	20. HOUR	50. HOUR	100. HOUR
BA136M	0.3 S	4.947E-22	1.937E-31	7.583E-41	4.551E-69	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
137M	2.5 M	6.685E-09	6.389E-09	6.106E-09	5.330E-09	4.061E-09	3.095E-09	2.358E-09	1.797E-09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.186E-10
139	1.4 H	7.182E-07	7.172E-07	7.162E-07	7.132E-07	7.073E-07	7.014E-07	6.955E-07	6.897E-07	6.838E-07	6.779E-07	6.720E-07	6.661E-07	6.602E-07	6.543E-07	6.484E-07
140	12.8 D	7.562E-09	7.562E-09	7.562E-09	7.562E-09	7.561E-09	7.561E-09	7.561E-09	7.561E-09	7.561E-09	7.561E-09	7.561E-09	7.561E-09	7.561E-09	7.561E-09	7.561E-09
141	18.0 M	1.807E-06	1.796E-06	1.784E-06	1.750E-06	1.684E-06	1.620E-06	1.559E-06	1.500E-06	1.441E-06	1.382E-06	1.323E-06	1.264E-06	1.205E-06	1.146E-06	1.087E-06
142	11.0 M	5.421E-06	5.364E-06	5.308E-06	5.144E-06	4.830E-06	4.535E-06	4.258E-06	3.998E-06	3.748E-06	3.498E-06	3.248E-06	2.998E-06	2.748E-06	2.498E-06	2.248E-06
143	12.0 S	2.170E-04	1.218E-04	6.835E-05	1.208E-05	3.775E-07	1.180E-08	3.687E-10	1.152E-11	3.432E-19	1.023E-26	3.074E-34	9.209E-42	2.759E-50	8.198E-58	2.498E-66
144	11.9 S	1.569E-04	8.762E-05	4.894E-05	8.526E-06	2.588E-07	7.855E-09	2.384E-10	7.236E-12	1.864E-19	4.802E-27	1.251E-35	3.243E-43	8.536E-51	2.246E-59	6.034E-67
TOTAL		3.818E-04	2.173E-04	1.251E-04	2.823E-05	7.869E-06	6.887E-06	6.523E-06	6.197E-06	4.824E-06	3.792E-06	2.998E-06	2.358E-06	1.864E-06	1.441E-06	1.104E-06

NUCLIDE	HALF LIFE	COOLING TIME																	
		20. MIN	30. MIN	50. MIN	60. MIN	2. HOUR	5. HOUR	10. HOUR	20. HOUR	50. HOUR	100. HOUR	20. MIN	30. MIN	50. MIN	60. MIN	2. HOUR	5. HOUR	10. HOUR	20. HOUR
BA136M	0.3 S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
137M	2.5 M	3.046E-11	2.010E-12	8.754E-15	5.777E-16	4.771E-23	2.687E-44	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
139	1.4 H	6.084E-07	5.596E-07	4.735E-07	4.355E-07	2.637E-07	5.855E-08	4.766E-09	3.158E-11	9.192E-18	1.175E-28	1.554E-36	4.199E-44	1.125E-52	3.074E-60	8.198E-68			
140	12.8 D	7.556E-09	7.553E-09	7.548E-09	7.545E-09	7.528E-09	7.477E-09	7.393E-09	7.228E-09	7.063E-09	6.898E-09	6.733E-09	6.568E-09	6.403E-09	6.238E-09	6.073E-09			
141	18.0 M	8.419E-07	5.728E-07	2.652E-07	1.804E-07	1.790E-08	1.748E-11	1.680E-16	1.552E-26	1.223E-56	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
142	11.0 M	1.554E-06	8.273E-07	2.346E-07	1.249E-07	2.849E-09	3.380E-14	2.083E-22	7.938E-39	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
143	12.0 S	3.047E-34	2.705E-49	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
144	11.9 S	1.237E-34	8.210E-50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
TOTAL		3.011E-06	1.967E-06	9.808E-07	7.484E-07	2.920E-07	6.604E-08	1.216E-08	7.260E-09	6.755E-09	6.034E-09	5.389E-09	4.792E-09	4.246E-09	3.749E-09	3.302E-09			