

JAERI-M

86-152

トリチウム増殖材照射下トリチウム放出試験(VOM-21H)  
——酸化リチウムからのトリチウム放出挙動——

1986年10月

倉沢 利昌・竹下 英文・吉田 浩  
渡辺 斎

日本原子力研究所  
Japan Atomic Energy Research Institute

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 Division Department of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokaimura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

©Japan Atomic Energy Research Institute, 1986

編集兼発行 日本原子力研究所  
印 刷 稲高野高速印刷

トリチウム増殖材照射下トリチウム放出試験（VOM-21H）  
—酸化リチウムからのトリチウム放出挙動—

日本原子力研究所東海研究所燃料工学部  
倉沢利昌・竹下英文・吉田 浩<sup>+</sup>・渡辺 斎

(1986年9月30日受理)

照射下でのトリチウム放出挙動はトリチウム増殖材の性能試験として重要であり、現在日、米、欧、諸国で試験が行われている。本試験VOM-21Hでは酸化リチウムからのトリチウム放出特性を純ヘリウムガス及び重水素1000VPPMまで添加したスイープガスを用いてスイープガス組成依存性及び温度依存性を調べた。本試験で得られた実験結果はこれまでの結果に比べ精度よく信頼できるがまだ再現性などに問題が残っていると思われる。またトリチウム放出は完全に拡散支配であるとはいえない、照射試料の表面等におけるトリチウムの吸着、脱離等の表面現象を把握することが必要である。今後トリチウム放出に関する機構及びモデルリングが進んだ後に、もう一度解析を試みることが必要である。

In-Pile Test of Tritium Release from Tritium Breeding Materials  
(VOM-21H Experiment)

— Tritium Release and Behavior from Lithium Oxide —

Toshimasa KURASAWA, Hidefumi TAKESHITA,  
Hiroshi YOSHIDA<sup>+</sup> and Hitoshi WATANABE

Department of Fuels and Materials Research,  
Tokai Research Establishment,  
Japan Atomic Energy Research Institute  
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken  
(Received September 30, 1986)

Material development and blanket design of lithium-based ceramics such as lithium oxide, lithium aluminate, lithium silicate and lithium zirconate have been performed in Japan, United State of America and European Communities. Lithium oxide is a most attractive candidate for tritium breeding materials because of its high lithium density, high thermal conductivity and good tritium release performance.

This work has been done to clarify the characteristics of tritium release and recovery from Li<sub>2</sub>O by means of in-situ tritium release measurement. The effects of temperature and sweep gas composition on the tritium release were investigated in this VOM-21H Experiment.

Good measurement of tritium release was achieved but there were uncertainties in reproducibility of data. The experimental results show that the role of surface adsorption/desorption makes a significant contribution to the tritium release and tritium inventory. Also, it is necessary to define the rate limiting process either diffusion or surface adsorption/desorption.

Keywords: In-Pile Test, In-situ Tritium Release, Tritium Breeding Materials. Lithium Oxide, Diffusion Inventory, Adsorption/Desorption Phenomenon

---

+ Department of Thermonuclear Fusion Research, Naka Fusion Research Establishment.

## 目 次

1. はじめに.....	1
2. 実験方法.....	2
2.1 照射試料及びキャプセル.....	2
2.2 トリチウム測定装置.....	2
2.3 照射条件及び放出トリチウム測定条件.....	3
2.4 照射スケジュール.....	3
3. 実験結果及び考察.....	4
3.1 純ヘリウムガス下でのトリチウム放出挙動（定常放出）.....	4
3.2 原子炉起動時におけるトリチウム放出挙動—スイープガス組成の影響.....	4
3.3 トリチウム放出におよぼす照射温度の影響.....	5
3.4 トリチウム残留量に対する添加重水素量及び照射温度の影響.....	6
4. まとめ.....	7
謝 辞.....	7
参考文献.....	8
付 錄.....	41

## Contents

1. Introduction .....	1
2. Experimental procedure .....	2
2.1 Irradiation Sample and Capsule .....	2
2.2 Tritium Measurement Apparatus .....	2
2.3 Irradiation Conditions and Tritium Measurement Conditions .....	3
2.4 Irradiation Schedule .....	3
3. Experimental Result and Discussions .....	4
3.1 Tritium Release Behavior in the Pure He Sweep Gas .....	4
3.2 Effect of Sweep Gas Composition on the Tritium Release at the Reactor Start Up. ....	4
3.3 Effect of Irradiation Temperature on the tritium Release.....	5
3.4 Effects of Irradiation Temperature and Sweep Gas Composition on the Retained Tritium. ....	6
4. Summary .....	7
Acknowledgement .....	7
References .....	8
Appendix .....	41

## 1. はじめに

核融合炉でのブランケットの役割にトリチウムの生産、中性子エネルギーの熱エネルギーへの変換、中性子の遮蔽等がある。このうち、前2者の機能は核融合炉よりエネルギーを取り出す効率に直接関係するため、重要度の高い開発項目であるとみなされている。ブランケット内のトリチウム増殖材には、トリチウム増殖比が余裕を持って1をこえることおよび生成したトリチウムがすみやかに回収され、プラズマ燃料として自給自足できることなどが要求されている。そのほか、使用環境下での化学的安定性および材料との両立性、照射損傷と照射健全性、照射中の熱伝導度等物性の変化および製造性等についても十分な研究が必要と考えられている。これらのデータを蓄積することの重要性と共に、種々の特性が複合された状況下での総合試験としての原子炉照射下トリチウム放出試験が特に注目されてきている。すなわちトリチウム増殖材を選定する試験として照射下トリチウム放出試験がブランケット性能を評価するための重要な試験方法と認識されている。固体トリチウム増殖材として酸化リチウム( $\text{Li}_2\text{O}$ )、リチウムアルミネート( $\text{LiAlO}_2$ )、リチウムシリケート( $\text{Li}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$ )<sup>1)</sup>、リチウムジルコネート( $\text{Li}_2\text{ZrO}_3$ ,  $\text{Li}_2\text{ZrO}_4$ ,  $\text{Li}_8\text{ZrO}_6$ )等が候補材として提案され、選別のため各々の特性の比較試験が日米欧加各国で競っておこなわれている。酸化リチウム以外の上記三元系酸化物は $\text{Li}_2\text{O}$ よりもリチウム密度は低いが化学的安定性に優れている。またリチウムジルコネートは( $n \cdot 2n$ )反応による中性子増倍材の役割も兼ねようとするものである。しかしこれら三元系酸化物では各々高温での相安定性すなわち照射下での健全性について問題があると予想される。

最近原子炉照射下トリチウム放出試験が欧州、カナダでも計画されあるいは実施されるようになった。すなわちフランス、西ドイツでは<sup>2)</sup> SILOE炉で<sup>3)</sup> LILA、LISA実験、オランダのペテンHFR炉で<sup>4)</sup> EXOTIC実験、カナダのチョクリバーNRU炉で<sup>5)</sup> CRITIC試験が実施中あるいは予定されている。一方原研では核融合炉設計の初期から研究対象を $\text{Li}_2\text{O}$ に絞り、独自の道を進んできた。以来10年間着実に実験データを積み重ねてきた結果、固体トリチウム増殖材の研究では世界の先導的役割をはたしている。例えば照射下トリチウム放出実験は昭和56年よりVOMシリーズの実験を続けており、これまでVOM-7H, 15Hの試験を終了している。今報告のVOM-21Hではトリチウム放出を正確に測定するため測定装置の改良を積極的に行った後に得られた結果をまとめた。なおトリチウム測定装置の改良の詳細は別の報告を参照されたい。<sup>6)~10)</sup> トリチウム増殖材からのトリチウム放出は非常に複雑な挙動を示し、すべてを説明できるモデルは確立されるにいたってないと考えられている。そのため種々のトリチウム増殖材からの最適の候補材を選定するためには今後ともデータの積み重ねおよびトリチウム放出モデルの検討が必要である。その一環として今回、昭和59年5月から60年3月にわたって実験したVOM-21Hのデータのまとめと解析を行った。今後とも続いてVOM-22H, 23H, 27Hと実施されるが、それらの結果と比較して総合的にトリチウム増殖材からのトリチウム放出挙動を明らかにすることが最終的な研究目的と位置付けられる。

## 2. 実験方法

### 2.1 照射試料及びキャプセル

VOM-21Hの照射実験では前回VOM-7H, 15Hと同様、酸化リチウム焼結ペレットを用い、CERAC社製Li<sub>2</sub>O粉末を出発原料とし、1150°C 4時間真空焼結した外径11mm、高さ5mmの寸法の焼結ペレットを3段に重ね、中心にスイープガス流路として5mmの貫通孔を持った密度8.9～9.0%，総重量2.030gの試料であった。今回のVOM-21Hキャプセルの概略図を図1に示す。このキャプセルの特徴は900°Cまでの高温での照射を可能にするためSUS316製の試料格納筒の内側に、ジルコニア(ZrO<sub>2</sub>)の断熱材を内蔵させる方法をとっている。なおZrO<sub>2</sub>とLi<sub>2</sub>Oの反応を避けるため両者間に白金スペーサー(0.2mm t)を入れた。またスイープガスの流路は前回15Hと異なって、照射ペレットの中心孔(5mmφ)を流れる様に単純化した。このため焼結ペレットの外表面で中性子との反応により多く生成したトリチウムは中心孔まで拡散した後にスイープガスにより運搬される。温度測定は三本のCA熱電対を、側面および上下のZrO<sub>2</sub>断熱材の穴に挿入している。このため試料温度は直接測定しておらず、断熱材およびギャップを介しての熱計算により求めた。すなわちT/C2とT/C3の平均値に混合ギャップガス、Ne, Ne+He, Heの場合各々240°C, 210°C, 180°Cを加算した値を試料温度と評価した。照射温度設定は試料筒外側の抵抗加熱ヒータをPID制御して行った。

### 2.2 トリチウム測定装置

キャプセルにスイープされるガスはあらかじめ添加ガスを混合したガスボンベ(4.7ℓ型ボンベ圧110kg/cm<sup>2</sup>、約5m<sup>3</sup>)から不純物水分除去用のモレキュラーシーブ塔を通して、重水素添加ガスでは不純物酸素除去用酸化触媒塔(0.5wt% Pt-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 200°C)を通して供給される。スイープガス流量は約100cm<sup>3</sup>/分STPであり、供給圧は約1.3kg/cm<sup>2</sup>であった。キャプセル内試料部を流れたスイープガスはトリチウム水の凝縮を防ぐため、約120°Cに加熱した4分の1インチ銅管(8m)をへてトリチウム測定系を納めたフードに至る。スイープガス中の水蒸気(トリチウム水も含む)はキャプセルの入口と出口に設置した水分計(パラメトリック社、System I)で連続測定した。スイープガスはフード内でマスフロー流量計で2分割(各々50cm<sup>3</sup>)される。一方はモレキュラーシーブ塔(MS塔)でトリチウム水(以後水成分と呼ぶ)を除去し、トリチウムガス成分(以後ガス成分と呼ぶ)のみ電離箱に至る。もう一方の流れは水成分をガス成分に転換する還元塔(固体電解質電解セル(CEC))と還元触媒塔(RX塔, CuO-ZnO-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 200°Cの2種類)をへて、電離箱に至り、全放出トリチウムとして測定される。そしてこの両者の比較より放出トリチウムのガス成分/水成分の比、すなわち放出トリチウムの化学形を明らかにする。トリチウム水をトリチウムガスに還元するのはトリチウム水が電離箱に流入すると残留して電離箱のバックグラウンドを上昇させ、正確なトリチウム濃度が測定不可能になることをふせぐためである。さらにバックグラウンド低減のためスパイクガスとして乾燥空気220～650cm<sup>3</sup>/分、重水素添加ガス100cm<sup>3</sup>/分を加えた。なおフード内のこれらの機器間の銅配管は約2mの長さを持ち、温度は室温である。トリチウム濃度を

電離箱で測定した後のスイープガスは再び酸化塔で酸素を加え、水に酸化した後、除去用モレキュラーシーブ塔でトリチウムを捕集し、1000分の1までトリチウム除去後スタックから出していく。図2にVOM-21用トリチウム放出測定装置の流れの概略図を示す。装置はトリチウム測定系とトリチウム除去系から成り立ち、その他に配管、機器およびキャプセル系を乾燥するためのポンプ循環系を備えている。これを図中点線で示した。VOM-21用装置では放出トリチウム量の絶対測定を行うため、酸化触媒とモレキュラーシーブ材を入れた捕集容器で全トリチウム量を捕集し、液体シンチレーション測定に供した。その他重水素添加スイープガスを流した場合の重水素と三重水素間の同位体交換反応を調べるため同位体交換測定用ラジオガスクロを併用した。これらの結果については別報告<sup>13)</sup>にすでに記述されているので参考されたい。

### 2.3 照射条件及び放出トリチウム測定条件

VOM-21H試験では10サイクル2655 hrs(10MW)の照射の予定であったが途中第2, 5, 6サイクルに緊急停止があったため実績10MW照射時間は2432.5 hrsであり、各サイクル毎の起動段階を換算すれば2462 hrs相当になる。

図3に1～10サイクル照射間の温度の記録を示す。なお最終照射サイクルの第10サイクルでは照射温度をより低くするため、中性子束のより低い(約85%)位置に試料位置を引き上げた。原子炉内で酸化リチウム中に生成したトリチウムはスイープガスにて、配管長さ約8mの場所に設置されたトリチウム放出測定装置に運搬される。前半5サイクルでは純ヘリウムをスイープガスとして使用し、後半5サイクルではヘリウムに重水素を1000, 100, 10 Vppm添加した混合ガスを使用した。トリチウム放出挙動は一定のスイープガス組成、流量及び一定温度でトリチウム放出が定常値に達するに要する時間を測定した。また一旦定常放出に達した後に、照射試料温度を低下させ、前の定常値に回復する過程を測定する。そして、その期間に放出されず残留した量を評価する。かつさらにより高温に加熱し、前に残留したトリチウムが放出される挙動を調べた。これらの温度変化法によって酸化リチウムからのトリチウム放出の温度依存性を明らかにする。トリチウム放出測定は純ヘリウムとHe+1000 VPPM D<sub>2</sub>混合ガスの2種類のスイープガスが主であるが、100及び10VPPM D<sub>2</sub>と混合組成を変えた場合の放出挙動も調べた。本測定で添加ガスとして重水素(D<sub>2</sub>)を用いたが、これはLi<sub>2</sub>O及び実験系内から発生する軽水素(H<sub>2</sub>)と同位体分離ガスクロにて区別することを目的として使用した。

### 2.4 照射スケジュール

本VOM-21H試験の照射は1984年6月より開始され、次の日程で行われた。第1サイクル、6/4～6/15、第2サイクル、6/25～7/2、(スクラム), 7/4～7/6、第3サイクル、7/16～7/27。第4サイクル、10/1～10/12、第5サイクル、10/22～10/24、スクラム、10/27～11/2、第6サイクル、11/12～11/19。第7サイクル、12/3～12/4、第8サイクル、1985. 1/21～2/1、第9サイクル、2/11～2/22。第10サイクル、3/4～3/15。

さらに、表1に各サイクル間におこなわれた試験のRun番号と日時を記録した。Run番号はR-サイクル番号-試験番号の順に記載される。全部のRunの図は付録として整理した。

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 純ヘリウムガス下でのトリチウム放出挙動（定常放出）

前半5サイクルは純ヘリウムをスイープガスとして使用してトリチウム放出の温度依存性を求めた。しかし第4サイクルにトリチウム水を還元する固体電解質セルが故障したため、触媒還元塔に切りかえた。このため1～3サイクルと異なる還元法をとったので第4、第5サイクルの全トリチウム測定のデータはここでは除外した。図4に1～3サイクルでの純ヘリウム下でのトリチウム放出曲線を示した。図中黒塗点が全トリチウム ( $T_2O$ , HTO,  $T_2$ , HT)を、白抜き点がトリチウムガス成分 ( $T_2$ , HT)を示している。これらのトリチウム放出速度はスイープガス流量、中性子束変動 (SPND) 及び電離箱のバックグラウンド等の補正をして求めた。全トリチウムの放出は時間と共に、また照射温度が上るにつれ、増加している。しかし本実験の後半に  $He + 1000 \text{ VPPM } D_2$  下で液シン法で測定したトリチウムの生成量  $300 \mu\text{Ci}/\text{min}$  には JRR-2 のサイクル運転時間 265 時間内には到達しなかった。トリチウムガス (HT,  $T_2$ ) の放出は早く、炉出力 10 MW 到達後 20～30 時間に内に一定値になった。この一定値は照射温度  $480^\circ\text{C}$  では  $37 \mu\text{Ci}/\text{min}$  であり、 $580^\circ\text{C}$ ,  $650^\circ\text{C}$  では  $13 \mu\text{Ci}/\text{min}$  であった。前者が後者の3倍のトリチウムガス成分となっている。すなわち低温でトリチウムガス成分が高い結果がえられた。図4で放出されたトリチウムは生成量の約半分であった。図5では図4の全トリチウムよりトリチウムガス成分を差引いて求めたトリチウム水の放出曲線である。これによって、トリチウム水放出の温度依存性がより明確になった。図6にこのトリチウム水の放出の活性化エネルギーを求める  $15.3 \text{ KJ/mol}$  となる。この小さい活性化エネルギーはトリチウム水の放出が表面での脱離の現象と密接な関係があることを示唆していると考えられる。以上の結果を総合して考えてみると  $\text{Li}_2O$  中でリチウム ( $n \cdot \alpha$ ) 反応により 2 個のリチウムが燃焼し、2 個のトリチウムができる。これに伴って 1 個の酸素が過剰になる。トリチウムの拡散は酸素より非常に速く拡散するがヘリウムガス雰囲気では試料表面や細孔内に滞留していると仮定する。そこに遅い過剰の酸素が拡散して来て、試料の表面あるいは細孔内で  $T_2O$  を形成し、これが脱離してトリチウム水として放出される機構が上記の結果より導かれるであろう。しかし  $\text{Li}_2O$  中の酸素の拡散データとの整合性等今後さらに深く考察することが必要であると共に、本実験温度範囲でかつ照射下での拡散データ等が上記機構を確証するために不可欠であると思われる。その他、ここではトリチウム生成量として実測値の  $300 \mu\text{Ci}/\text{min}$  を使用したが核計算による予想生成量は  $220 \mu\text{Ci}/\text{min}$  である。この差は定常値の判定に対して重大であり、今後の大きな問題点である。現在この原因は VT-10 孔での中性子束がより大きいためと推定しているが今後より正確な測定が必要である。

#### 3.2 原子炉起動時におけるトリチウム放出挙動—スイープガス組成の影響

##### スイープガス組成の影響

JRR-2 では原子炉起動時には 5 MW 1 時間、8 MW 3 時間と階段状に出力を上昇させ 15:00 に 10 MW の全出力運転に入る。第3, 4, 5, 6, 7, 10 サイクルにおける起動時のトリチウムガス成分の放出挙動をスイープガスが純ヘリウムと  $He + 1000 \text{ VPPM } D_2$  の場合とを対比して図7-1,

7-2, 7-3に示す。図7-1では10MW運転3時間後に、R-3-STR(He)とR-6-STR(He+1000VPPM D<sub>2</sub>)とともに照射温度550°Cにおいて各々0.006 μCi/cm<sup>3</sup>と0.85 μCi/cm<sup>3</sup>のトリチウムガス成分の放出であった。すなわちHe+1000VPPM D<sub>2</sub>スイープガス使用時の方が約140倍大きい放出がみられた。同様に図7-2の比較で0.75/0.017=約44倍、図7-3で0.97/0.01=97倍となっている。スイープガスに1000VPPMのD<sub>2</sub>を添加した場合、純ヘリウムスイープガスに比べ約45~145倍のトリチウム放出が加速されることが明らかになった。なお図7-1, 7-2, 7-3にはスイープガス中の水蒸気濃度(トリチウム水も含む)もあわせて示した。図7-2のR-4-STRの場合<sup>\*</sup>を例外として一般に純ヘリウムスイープガスの方がHe+1000VPPM D<sub>2</sub>より水分計の指示濃度は低い。

図8では原子炉起動後1~2日間にみられたトリチウムの定常放出曲線に対するスイープガス添加重水素量の影響を示した。図中で上段はR-7-1(He+1000VPPM D<sub>2</sub>)、中段はR-9-1(He+100VPPM D<sub>2</sub>)、下段はR-8-1(He+10VPPM D<sub>2</sub>)の順にスイープガス中の重水素添加量が1桁づつ少なくなっている。これに従って観測されるトリチウム濃度も低くなると共に、定常値が得られなくなってくる。すなわちトリチウム放出が著しく脈動する現象がみられた。これらの現象を十分に説明することは難かしいがトリチウム放出が照射試料の表面等でのトリチウムの吸着量や同位体交換反応と密接に関係していることを示唆しているものと考えられる。現在のところトリチウム放出の定常値を得るためにには生成するトリチウムに比べ約1000倍の大過剰の水素同位体を加えることが必要であるとみなされている。この様な大過剰の添加水素同位体はトリチウム回収精製系に多大な負担となる恐れがあるため今後十分な検討が必要である。

### 3.3 トリチウム放出におよぼす照射温度の影響

スイープガスとして純ヘリウムを用いた第5サイクルでは高温より低温に温度を変化させた場合のトリチウムガス成分の放出挙動を調べた。ここで特徴的なことは図9で概略的に示される様に、R-5-3, R-5-4, R-5-5と階段状に照射温度が下るにつれてトリチウムガス成分濃度が上昇していく挙動がみられたことである。この理由としてはLi<sub>2</sub>O中のトリチウムの溶解度の温度差によるものか、あるいは照射部の温度変化によるスイープガス圧の局部的な変動によるものかの2つがあげられる。ここでは後者による影響が多いと考えられる。すなわち温度低下に伴う照射部のスイープガス圧の低下がLi<sub>2</sub>O表面のトリチウムの脱離量を増加させるためではないかと考えられる。この様にトリチウム放出は実験系内の色々の条件の変動によって変化するため注意深い観察が必要である。その例としてR-5-7では照射温度が原子炉の中性子束変動により562°Cから590°Cまで上昇した場合のトリチウム放出曲線を示した。この曲線の様に低温でのトリチウム放出が高温での放出よりも大きくなることは単純な拡散では説明できない現象であると共に、照射温度を精度よく保つことが重要であることを示している。次にR-5-8では474°CになるとLi<sub>2</sub>Oからのトリチウムの放出は著しく遅くなり、大部分のトリチウムが残留することがわかる。このサイクルの実験の様に純ヘリウム下でのトリチウム放出を応答性の早いトリチウムガス(HT+T<sub>2</sub>)で測定する場合、そのト

\* 第4 cycle は7月末から10月1日までの長い原子炉停止期間にLi<sub>2</sub>Oが水分を吸着したため起動時に放出された水分濃度が高くなっている。

リチウム濃度が生成量の5～10%程度と低いため、実験系の照射温度の安定性、流量安定性などによる誤差が影響してくる。このため以後の実験ではスイープガスに重水素添加してより安定した放出状態で測定することにした。

スイープガスにHe+1000VPPM D<sub>2</sub>を使用した最初のサイクルである第6サイクルではガス供給用の減圧弁の不調により流量変動がはげしく解析から除外せざるをえなかった。

続く第7サイクルは図10に上、中、下段に整理した様に、3通りのトリチウム残留、放出曲線を照射温度を上昇又は降下させて測定した。スイープガス(He+1000VPPM D<sub>2</sub>)を用いた場合、両曲線とも定常値へほぼ完全に回復している。しかし温度降下によって残留したトリチウム量と以後の温度上昇によって放出されたトリチウム量との比較では常に後者の方が少なく、放出率は75～95%であると見積られた。本試験VOM-21Hでは上記の様なトリチウムマスバランスを評価するには実験条件の流量等の安定性に問題があるので、これ以上の議論は行わない。次により完成度の高い実験装置で上記の様な実験を再び行う予定である。

同じく図11-1, 11-2では第8サイクルにおける温度上昇と降下の際のトリチウム濃度の変化をプロットしたものである。温度降下のRetainモードでは505°C以下では回復は遅く長時間かかることがわかる。また、温度変化前の定常値よりも多いトリチウム放出がR-8-11, R-8-13の場合のようにみられることがある。この原因がスイープガス流量や温度変動によるものかあるいは他の原因によるものかは現在明らかになっていない。一方Releaseモードではより明らかな温度依存性がみられている。この放出曲線から照射後トリチウム放出実験で行っている様な手法で拡散係数を求めることが出来るがここではそれを行わない。それはこれらの放出が吸着、脱離の影響なく完全に拡散支配であるとはみなせないからである。

第9サイクルでは主にHe+100VPPM D<sub>2</sub>でのトリチウム放挙動を調べたが放出の脈動のため定常値に達したかどうかの判定が難かしく、精度のよい測定ができなかった。

最終照射サイクルの第10サイクルでは照射位置をそれまでの9サイクルの中性子束の85%の位置にした。そのため照射最低温度を440°Cまで低下させることができた。スイープガス(He+1000VPPM D<sub>2</sub>)の条件下で温度変化させ、トリチウムのretain量とRelease量を求めた。

その結果は本試験で測定されたHe+1000VPPM D<sub>2</sub>条件下でのRetain量を温度の逆数にプロットして、図12に示す。得られた活性化エネルギーは約188.7KJ/molであった。この値は工藤等の報告している拡散の活性化エネルギーに比べ約1.5倍高い値となっている。ここでretain量が拡散インペントリーによるとして  $I = \frac{Gr^2}{15D}$  (G:トリチウム生成率, r結晶粒径の1/2, D拡散係数) から拡散係数を求め、工藤等のデータと図13に比較した。図より本試験のデータは照射後試験の工藤、Guggi et al. のデータより低く、TRIOのLiAlO<sub>2</sub>の値より大きいことがわかる。本試験と同種類の照射下トリチウム放出試験であるTRIOのLiAlO<sub>2</sub>との比較で10<sup>5</sup>倍以上拡散係数が大きいことはそのままトリチウム増殖材としてのトリチウム放出性能が優れていることを意味している。

### 3.4 トリチウム残留量に対する添加重水素量及び照射温度の影響

原子炉10MW出力後約1日経過後のトリチウム放出量のトリチウム生成量に対する割合をスイープガス(He)中の重水素量及び純ヘリウムの場合をプロットすると図14の様になる。トリチウム放出が完全に定常状態に達する前のデータであるため、誤差を含むがHe+100VPPM D<sub>2</sub>で残留

したトリチウム量は生成量の20%, He+10 VPPM D<sub>2</sub>で約60%となっている。純ヘリウムスイープガスでは10 MW後20時間ではトリチウムガス分の5%しか放出せず残り95%は残留している。この図よりHe+1000 VPPM D<sub>2</sub>では670±20°Cではほぼ100%トリチウムが放出されていることがわかる。図15ではHe+1000 VPPMスイープガス中で温度降下させた場合の残留したトリチウム量を生成率に対する割合を求めた。図より明らかな様に400°C以下では急激に残留量が増加する。この様な曲線は酸化物に吸着されている水素同位体の脱離曲線と類似しており、今後この様な観点から解析を進める必要があることを示唆しているものと考えている。

#### 4. ま と め

VOM-21H照射下トリチウム放出実験は前回のVOM-15H実験の経験をもとにトリチウム放出測定装置を新たに作りなおし実験した。またスイープガスに重水素を添加する等実験手法にも改善をおこなった。しかしいろいろな状況に対応できる様にしたため、装置が複雑となり、データ解析に際し、考慮しなければならない因子も多くなり、解析に多くの時間を要した。また実験前にはトリチウムの放出は拡散によって支配されていると予想していたがその他表面における機構も重要な役割をはたしていることなどが明らかになりつつある。今後も続行するVOM-22H, 23H, 27H等の実験結果をみて上で総合的な判断を行い、トリチウム放出機構について再度解析を行う予定である。実験面では比較的高濃度のトリチウム（通常時3～5 μCi/cm<sup>3</sup>）を長時間安全に運転できた実績が得られた。また次の実験を行うにあたって重要な指針が本VOM-21H試験より得ることができた。

#### 謝 辞

本試験は昭和59年6月より60年3月までJRR-2で実施された。その間に多くの人々の協力を得た。照射試料の作成では燃料物性研究所高橋正氏、固体電解質電解セルの設計、製作、調整では機能材料研究室大野英雄氏、及びトリチウム技術研究室小西哲之氏の協力をえた。照射キャップセルの設計及び照射では研究炉利用課相沢雅夫氏、三村謙氏、栗林敏広氏、佐藤正氏、宮内武次郎氏（昭和59年退職）及び梅井弘氏、青山功氏の協力を得た。さらに本試験遂行にあたり燃料工学部岩本多實、近藤達男両部長、柴是行次長ならびに核融合研究部トリチウム技術研究室成瀬雄二室長から有益な助言と激励を賜った。本報告書作成に当り、上記諸氏に厚く謝意を表します。

したトリチウム量は生成量の20%, He+10 VPPM D<sub>2</sub>で約60%となっている。純ヘリウムスイープガスでは10 MW後20時間ではトリチウムガス分の5%しか放出せず残り95%は残留している。この図よりHe+1000 VPPM D<sub>2</sub>では670±20°Cではほぼ100%トリチウムが放出されていることがわかる。図15ではHe+1000 VPPMスイープガス中で温度降下させた場合の残留したトリチウム量を生成率に対する割合を求めた。図より明らかな様に400°C以下では急激に残留量が増加する。この様な曲線は酸化物に吸着されている水素同位体の脱離曲線と類似しており、今後この様な観点から解析を進める必要があることを示唆しているものと考えている。

#### 4. ま と め

VOM-21H照射下トリチウム放出実験は前回のVOM-15H実験の経験をもとにトリチウム放出測定装置を新たに作りなおし実験した。またスイープガスに重水素を添加する等実験手法にも改善をおこなった。しかしいろいろな状況に対応できる様にしたため、装置が複雑となり、データ解析に際し、考慮しなければならない因子も多くなり、解析に多くの時間を要した。また実験前にはトリチウムの放出は拡散によって支配されていると予想していたがその他表面における機構も重要な役割をはたしていることなどが明らかになりつつある。今後も続行するVOM-22H, 23H, 27H等の実験結果をみて上で総合的な判断を行い、トリチウム放出機構について再度解析を行う予定である。実験面では比較的高濃度のトリチウム（通常時3~5 μCi/cm<sup>3</sup>）を長時間安全に運転できた実績が得られた。また次の実験を行うにあたって重要な指針が本VOM-21H試験より得ることができた。

#### 謝 辞

本試験は昭和59年6月より60年3月までJRR-2で実施された。その間に多くの人々の協力を得た。照射試料の作成では燃料物性研究所高橋正氏、固体電解質電解セルの設計、製作、調整では機能材料研究室大野英雄氏、及びトリチウム技術研究室小西哲之氏の協力をえた。照射キャプセルの設計及び照射では研究炉利用課相沢雅夫氏、三村謙氏、栗林敏広氏、佐藤正氏、宮内武次郎氏（昭和59年退職）及び梅井弘氏、青山功氏の協力を得た。さらに本試験遂行にあたり燃料工学部岩本多實、近藤達男両部長、柴是行次長ならびに核融合研究部トリチウム技術研究室成瀬雄二室長から有益な助言と激励を賜った。本報告書作成に当り、上記諸氏に厚く謝意を表します。

したトリチウム量は生成量の20%, He+10 VPPM D<sub>2</sub>で約60%となっている。純ヘリウムスイープガスでは10 MW後20時間ではトリチウムガス分の5%しか放出せず残り95%は残留している。この図よりHe+1000 VPPM D<sub>2</sub>では670±20°Cではほぼ100%トリチウムが放出されていることがわかる。図15ではHe+1000 VPPMスイープガス中で温度降下させた場合の残留したトリチウム量を生成率に対する割合を求めた。図より明らかな様に400°C以下では急激に残留量が増加する。この様な曲線は酸化物に吸着されている水素同位体の脱離曲線と類似しており、今後この様な観点から解析を進める必要があることを示唆しているものと考えている。

#### 4. ま と め

VOM-21H照射下トリチウム放出実験は前回のVOM-15H実験の経験をもとにトリチウム放出測定装置を新たに作りなおし実験した。またスイープガスに重水素を添加する等実験手法にも改善をおこなった。しかしいろいろな状況に対応できる様にしたため、装置が複雑となり、データ解析に際し、考慮しなければならない因子も多くなり、解析に多くの時間を要した。また実験前にはトリチウムの放出は拡散によって支配されていると予想していたがその他表面における機構も重要な役割をはたしていることなどが明らかになりつつある。今後も続行するVOM-22H, 23H, 27H等の実験結果をみて上で総合的な判断を行い、トリチウム放出機構について再度解析を行う予定である。実験面では比較的高濃度のトリチウム（通常時3~5 μCi/cm<sup>3</sup>）を長時間安全に運転できた実績が得られた。また次の実験を行うにあたって重要な指針が本VOM-21H試験より得ることができた。

#### 謝 辞

本試験は昭和59年6月より60年3月までJRR-2で実施された。その間に多くの人々の協力を得た。照射試料の作成では燃料物性研究所高橋正氏、固体電解質電解セルの設計、製作、調整では機能材料研究室大野英雄氏、及びトリチウム技術研究室小西哲之氏の協力をえた。照射キャップセルの設計及び照射では研究炉利用課相沢雅夫氏、三村謙氏、栗林敏広氏、佐藤正氏、宮内武次郎氏（昭和59年退職）及び梅井弘氏、青山功氏の協力を得た。さらに本試験遂行にあたり燃料工学部岩本多實、近藤達男両部長、柴是行次長ならびに核融合研究部トリチウム技術研究室成瀬雄二室長から有益な助言と激励を賜った。本報告書作成に当り、上記諸氏に厚く謝意を表します。

## 参 考 文 献

- 1) 渡辺斉, 倉沢利昌, 核融合炉設計及び研究開発の現状と課題, X章4節 トリチウム増殖ブランケット材料「核融合炉物理, 工学」, 「核融合炉燃料, 材料」研究専門委員会日本原子力学会.
- 2) E.Roth et al., J.Nucl. Mater., 133&134(1985) 238.
- 3) H.Werl et al., Second International Conference on Fusion Reactor Materials (ICFRM-2) April 13-17(1986) Chicago, USA (to be published in J.Nucl. Mater.)
- 4) H.Kwast et al., ibid.
- 5) I.J.Hasting et al., ibid.
- 6) T.Kurasawa et al., J.Nucl. Mater., 133&134 (1985) 196.
- 7) 渡辺斉 他, JAERI-M 82-136 (1982).
- 8) 倉沢利昌 他, JAERI-M 84-013 (1984).
- 9) 倉沢利昌 他, JAERI-M 84-087 (1984).
- 10) 吉田浩 他, JAERI-M 83-204 (1983).
- 11) 倉沢利昌 他, JAERI-M 86-129 (1986).
- 12) 高橋正 他, JAERI-M 7518 (1978).
- 13) 竹下英文 他, JAERI-M 86-130 (1986).
- 14) K.Ando et al., J.Nucl. Sci. and Tech. 17[4]269 (1980).
- 15) H.Kudo et al., J.Nucl. Mater., 133&134 (1985) 192.
- 16) D.Guggi et al., J.Nucl. Mater 118 (1983) 100.
- 17) R.G.Clemmer et al., ANL-84-55 (1984).
- 18) M.C.Billone, Second International Conference on Fusion Reactor Materials (ICFRM-2) April 13-17, 1986 Chicago, USA (to be published in J.Nucl. Mater)
- 19) T.Morimoto et al., B.Chem. Soc. Japan 41 (1971) 1282.
- 20) T.Morimoto et al., B.Chem. Soc. Japan 41 (1968) 1533.

Table 1 List of Run Recorded

Cycle No.	Run No.	Date	Temp (°C)	Sweep Gas	Remarks
1	R-1-STR	6/4, 10:00 ~ 15:00	UP	He	
	R-1-7	" ~ 6/15, 16:30	650°C	He	
2	R-2-STR	6/25, 10:00 ~ 15:00	UP	He	Not steady state
	R-2-1	" ~ 7/2, 18:38 (scram)	480°C	He	
	R-2-2	7/4, 14:22 ~ 7/6, 16:30	500°C	He	
3	R-3-STR	7/16, 10:04 ~ 15:00	5M 315°C 8M 470°C 10M 550°C	He	
	R-3-1	" ~ 7/27, 16:30	580°C	He	
4	R-4-STR	10/1, 10:00 ~ 15:00	5M 390°C 8M 480°C 10M 590°C	He	CEC down, RX operate No Data this cycle
	R-4-1	" 10/12, 16:30	773°C	He	
5	R-5-STR	10/22, 10:00 ~ 15:00	5M 834°C 8M 910°C 10M 967°C	He	Not steady state
	R-5-1	" ~ 10/24, 9:08 (scram)	839°C	He	
	R-5-2	10/27, 10:00 ~ 16:02	UP	He	
	R-5-3	" ~ 10/27, 18:00	852°C	He	
	R-5-4	" ~ 10/31, 9:48	776°C	He	
	R-5-5	" ~ 10/31, 16:10	720	He	Gap gos (Ne) Gap gos (Ne+He) Gap gos (He) Gap gos (Ne)
	R-5-6	10/31, 16:13 ~ " , 17:05	658	He	
	R-5-7	10/31, 17:25 ~ 11/1, 10:05	562 ~ 590°C	He	
	R-5-8	11/1, 10:25 ~ 11/2, 9:50	475°C	He	
	R-5-9	11/2, 10:15 ~ 15:30	660°C	He	
	R-5-10	11/2, 15:30 ~ 16:30	850°C	He	

Cycle No.	Run No.	Date	Temp (°C)	Sweep Gas	Remarks
6	R-6-STR	11/12, 10:00 ~ " 15:00	5M 404°C 8M 491°C 10M 550°C	He + 1000 vppm D <sub>2</sub>	System Retain Tritium Measurment After Reactor Shut Down.
	R-6-1	11/12, 16:08 ~11/16, 15:00	575°C	"	
	R-6-2	11/16, 15:45 ~11/19, 14:14 (scram)	490°C	"	
	R-6-3	11/19, 14:30 11/20, 9:40	Heater on 337°C	"	
	R-6-4	" ~11/20, 17:15	385°C	"	
	R-6-5	" ~11/21, 10:01	435°C	"	
	R-6-6	11/21, 10:26 ~ " , 17:58	480°C	"	
	R-6-7	11/21, 18:00 ~11/22, 10:20	393 ~377°C	He	
	R-6-8	" ~11/22, 13:38	430°C	"	
	R-6-9	" ~ " , 17:03	496°C	"	
	R-6-10	" ~11/23, 12:48	419 ~408°C	"	
	R-6-11	" ~11/24, 9:26	408 ~396°C	He + 1000 vppm D <sub>2</sub>	
	R-6-12	" ~11/24, 13:30	442°C	"	
	R-6-13	" ~11/25, 12:40	496°C	"	
	R-6-14	" ~12/27, 9:50	484°C	He	
	R-6-15	" ~12/27, 15:55	440°C	"	
7	R-7-STR	12/3, 10:00 ~ " , 15:00	8M 592°C 10M 626°C	He + 1000 vppm D <sub>2</sub>	
	R-7-1	" ~12/7, 14:45	642°C	"	
	R-7-2	" ~12/8, 11:05	725°C	"	
	R-7-3	12/8, 11:10 ~12/9, 15:10	490°C	"	
	R-7-4	" ~12/10, 10:10	560°C	"	
	R-7-5	" ~12/10, 14:48	625°C	"	

Cycle No.	Run No.	Date	Temp. (°C)	Sweep Gas	Remarks
7	R-7-6	" ~12/10, 17:10	670°C	He + 1000 vppm D <sub>2</sub>	
	R-7-7	12/10, 17:10 ~ " , 17:55	721°C	"	
	R-7-8	" ~12/11, 11:10	573°C	"	
	R-7-9	" ~12/11, 17:26	493°C	"	
	R-7-10	" ~12/12, 13:00	573°C	"	
	R-7-11	" ~12/12, 16:30	720°C	"	
	R-7-12	" ~12/13, 13:30	526°C	"	
	R-7-13	12/13, 14:00 ~12/13, 15:30	728°C	"	
	R-7-14	12/13, 15:30 ~12/13, 17:30	807°C	"	
	R-7-15	" ~12/13, 19:30	901°C	"	
	R-7-16	" ~12/14, 10:40	728°C	"	
	R-7-17	~12/14, 16:30 Shut down	876°C	"	
	R-7-18	12/14, 16:30 ~	50	He	
	R-7-19	1/18, 11:00 18:45	1M 315°C 5M 495°C 8M 600°C 10M 677°C		
8	R-8-STR	1/21, 10:00 15:00	1M 5M 370°C 8M 560°C 10M 650°C	He + 11 vppm D <sub>2</sub>	
		1/21, 16:00 ~1/23, 8:50	665°C	"	← GC Sampling
	R-8-2	1/23, 13:32 ~1/24, 10:00	719°C	He + 1000 vppm D <sub>2</sub>	"
	R-8-3	" ~1/24, 14:20	900 ~879°C	"	"
	R-8-4	" ~1/24, 17:25	666°C	"	
	R-8-5	~1/25, 10:55	482°C	"	
	R-8-6	" ~1/25, 15:00	560°C	"	
	R-8-7	" ~1/25, 16:16	660°C	"	

Cycle No.	Run No.	Date	Temp. (°C)	Sweep Gas	Remarks
8	R-8-8	" ~1/25, 17:00	702°C	He + 1000 vppm D <sub>2</sub>	1/30, 10:12 Sampling
	R-8-9	1/25, 17:00 ~1/26, 10:32	505 ~525°C	"	
	R-8-10	" ~1/26, 13:35	663°C	"	
	R-8-11	" ~1/26, 15:10	527°C	"	
	R-8-12	" ~1/26, 16:36	661°C	"	
	R-8-13	" ~1/27, 14:28	525 →575°C	"	
	R-8-14	" ~1/27, 15:20	670°C	"	
	R-8-15	" ~1/27, 16:10	560°C	"	
	R-8-16	" ~1/28, 11:15	670°C	"	
	R-8-17	" ~1/28, 12:25	570°C	"	
	R-8-18	" ~1/28, 16:25	487°C	"	
	R-8-19	" ~1/29, 13:15	666°C	"	
	R-8-20	" ~1/29, 16:30	507°C	"	
	R-8-21	" ~1/30, 14:40	668 ~671°C	"	
	R-8-22	" ~1/30, 16:20	572°C	"	
	R-8-23	" ~1/30, 18:00	527°C	"	
	R-8-24	" ~1/31, 9:26	502°C	"	
	R-8-25	" ~1/31, 14:55	482°C	"	
	R-8-26	" ~1/31, 17:40	502°C	"	
	R-8-27	" ~1/31, 10:25	525°C	"	
	R-8-28	" ~2/1, 13:40	670 ~676°C	"	
	R-8-29	" ~2/1, 14:20	722°C	"	
	R-8-30	" ~2/1, 14:42	675°C	"	

Cycle No.	Run No.	Date	Temp. (°C)	Sweep Gas	Remarks
8	R-8-31	" ~2/1, 16:30 Shut down	523°C	He + 1000vppm D <sub>2</sub>	±30
	R-8-32	2/1, 17:10 2/3, 14:16	478°C	"	
	R-8-33	" 2/4, 16:40	515 ~495°C	"	
	R-8-34	" 2/5, 9:00	543°C	"	
9	R-9-STR	2/11, 10:00	5M 357°C	He + 100vppm D <sub>2</sub>	
		~2/11, 15:00	8M 534°C 10M 661°C		
	R-9-1	2/11, 15:00 ~2/12, 11:10	668°C	He + 100vppm D <sub>2</sub>	
	R-9-2	" ~2/12, 15:06	668°C	He + 1000vppm D <sub>2</sub>	
	R-9-3	" ~2/12, 18:00	668°C	He + 100vppm D <sub>2</sub>	
	R-9-4	" " ~2/13, 14:28	534°C	"	
	R-9-5	" ~2/13, 16:40	688°C	"	
	R-9-6	" ~2/13, 18:20	794°C	"	
	R-9-7	" ~2/14, 11:25	565°C	"	
	R-9-8	" ~2/14, 17:50	486°C	"	
	R-9-9	" ~2/15, 9:50	670°C	"	
	R-9-10	" ~2/15, 12:20	720°C	"	
	R-9-11	" ~2/15, 18:45	665°C	"	
	R-9-12	" ~2/16, 14:45	483°C	"	
	R-9-13	" ~2/16, 17:30	661°C	"	
	R-9-14	" ~2/16, 18:30	571°C	"	
	R-9-15	" ~2/17, 13:21	524°C	"	
	R-9-16	" ~2/17, 17:20	564°C	"	
	R-9-17	" ~2/17, 18:30	657°C	"	
	R-9-18	" ~2/18, 12:35	521°C	"	

Cycle No.	Run No.	Date	Temp. (°C)	Sweep Gas	Remarks
9	R-9-19	" ~2/18, 17:55	657°C	He + 100vppm D <sub>2</sub>	Sampling
	R-9-20	2/18, 17:56 ~ " , 19:40	657°C	He + 1000vppm D <sub>2</sub>	
	R-9-21	" ~2/19, 11:45	656°C	He + 100vppm D <sub>2</sub>	
	R-9-22	" ~2/19, 13:30	672°C	"	
	R-9-23	" ~2/19, 14:57	"	MXed	
	R-9-24	" ~2/19, 16:16	"	He + 1000vppm D <sub>2</sub>	
	R-9-25	" ~2/20, 17:30	650°C	He	
	R-9-26	" ~2/21, 17:25	575°C	"	
	R-9-27	" ~2/22, 9:45	490°C	"	
	R-9-28	" ~2/22, 14:47	654°C	"	
	R-9-29	2/22, 16:30 shut down	574°C	"	
	R-9-30	2/23, 19:05 ~2/25, 8:52	46°C	He + 100vppm D <sub>2</sub>	
	R-9-31	" ~2/26, 9:20	41°C	He + 1000vppm D <sub>2</sub>	
10	R-10-STR	3/4, 10:15	5M	He + 1000vppm D <sub>2</sub>	Flow rate 380cm <sup>3</sup> /min
		~ " 17:35	8M 10M		
	R-10-1	" ~3/4, 19:50	591°C	"	
	R-10-2	" ~3/5, 9:20	743°C	"	
	R-10-3	" ~3/5, 10:23	690°C	"	
	R-10-4	" ~3/5, 12:50	601°C	"	
	R-10-5	" ~3/5, 15:35	875°C	"	
	R-10-6	" ~3/5, 17:30	438±2°C	"	
	R-10-7	" ~3/6, 10:31	438°C	"	
	R-10-8	" ~3/6, 15:32	481°C	"	

Cycle No.	Run No.	Date	Temp. (°C)	Sweep Gas	Remarks
10	R-10-9	" ~3/6, 18:05	584°C	He + 1000 vppm D <sub>2</sub>	Flow rate charge 425 cm <sup>3</sup> /min
	R-10-10	3/6, 18:07 ~3/7, 12:00	487°C	"	
	R-10-11	3/7, 12:10 ~3/7, 14:55	590°C	"	
	R-10-12	3/7, 15:10 ~3/7, 18:10	690°C	"	
	R-10-13	" ~3/8, 17:40	463 ~448°C	"	← Sampling 3/8 9:20~17:00
	R-10-14	" ~3/8, 19:40	671°C	"	
	R-10-15	" ~3/9, 9:10	442°C	"	
	R-10-16	" ~3/9, 13:10	484±4°C	"	
	R-10-17	" ~3/9, 15:45	655°C	"	
	R-10-18	" ~3/11, 17:30	657°C	He	← Sampling
	R-10-19	" ~3/11, 20:06	655°C	He + 1000 vppm D <sub>2</sub>	
	R-10-20	" ~3/12, 10:30	658°C	He + 105 vppm O <sub>2</sub>	
	R-10-21	" ~3/12, 18:18	657°C	He + 1000 vppm O <sub>2</sub>	
	R-10-22	" ~3/13, 18:23	445°C	"	
	R-10-23	" ~3/14, 8:50	447°C	He	
	R-10-24	" ~3/14, 10:53	457°C	He + 1000 vppm O <sub>2</sub>	
	R-10-25	" ~3/14, 15:45	659°C	"	
	R-10-26	" ~3/14, 18:20	576°C	"	
	R-10-27	" ~3/15, 16:30	653°C	He + 1000 vppm D <sub>2</sub>	
	R-10-28	" ~3/20, 14:45	41°C	"	

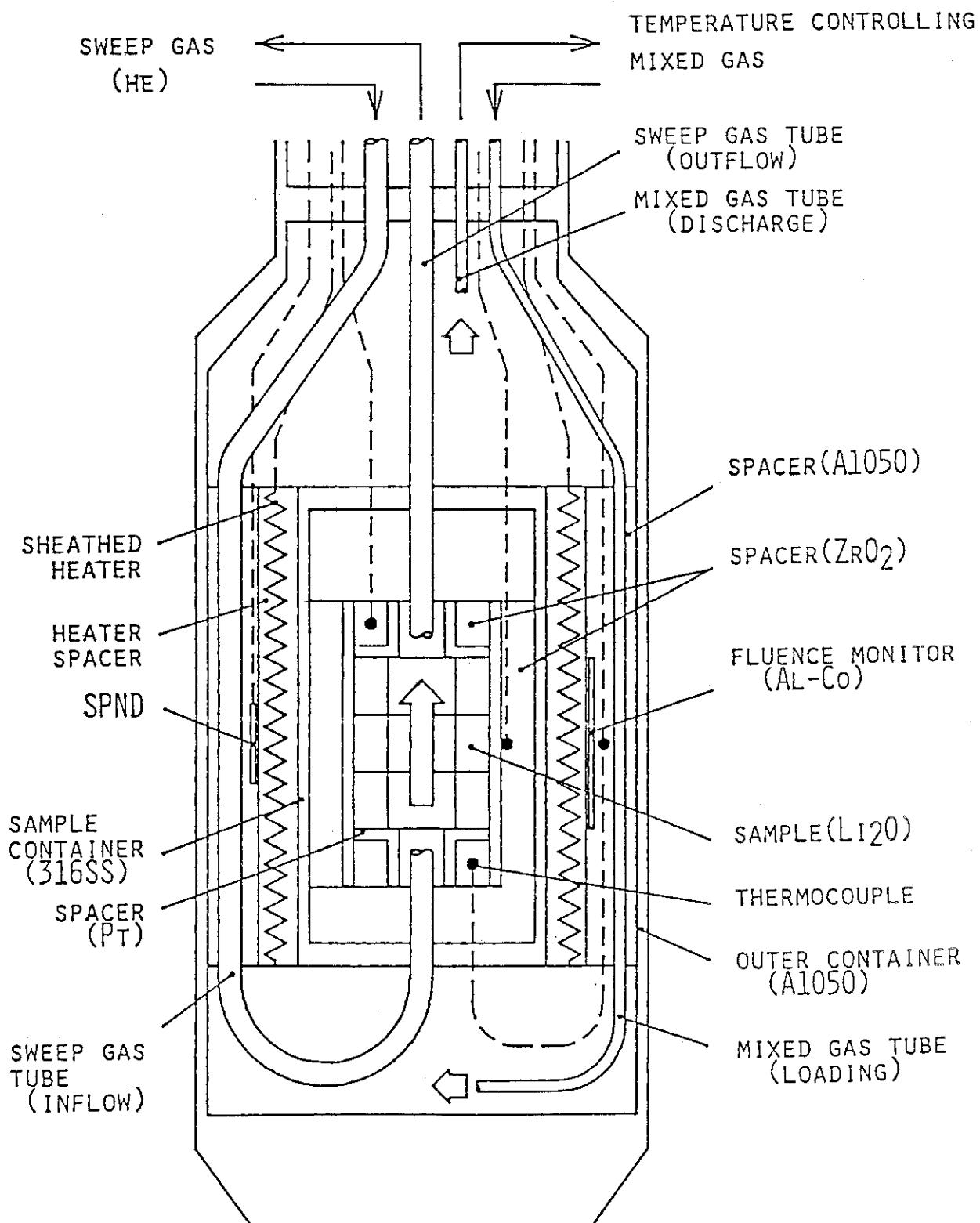
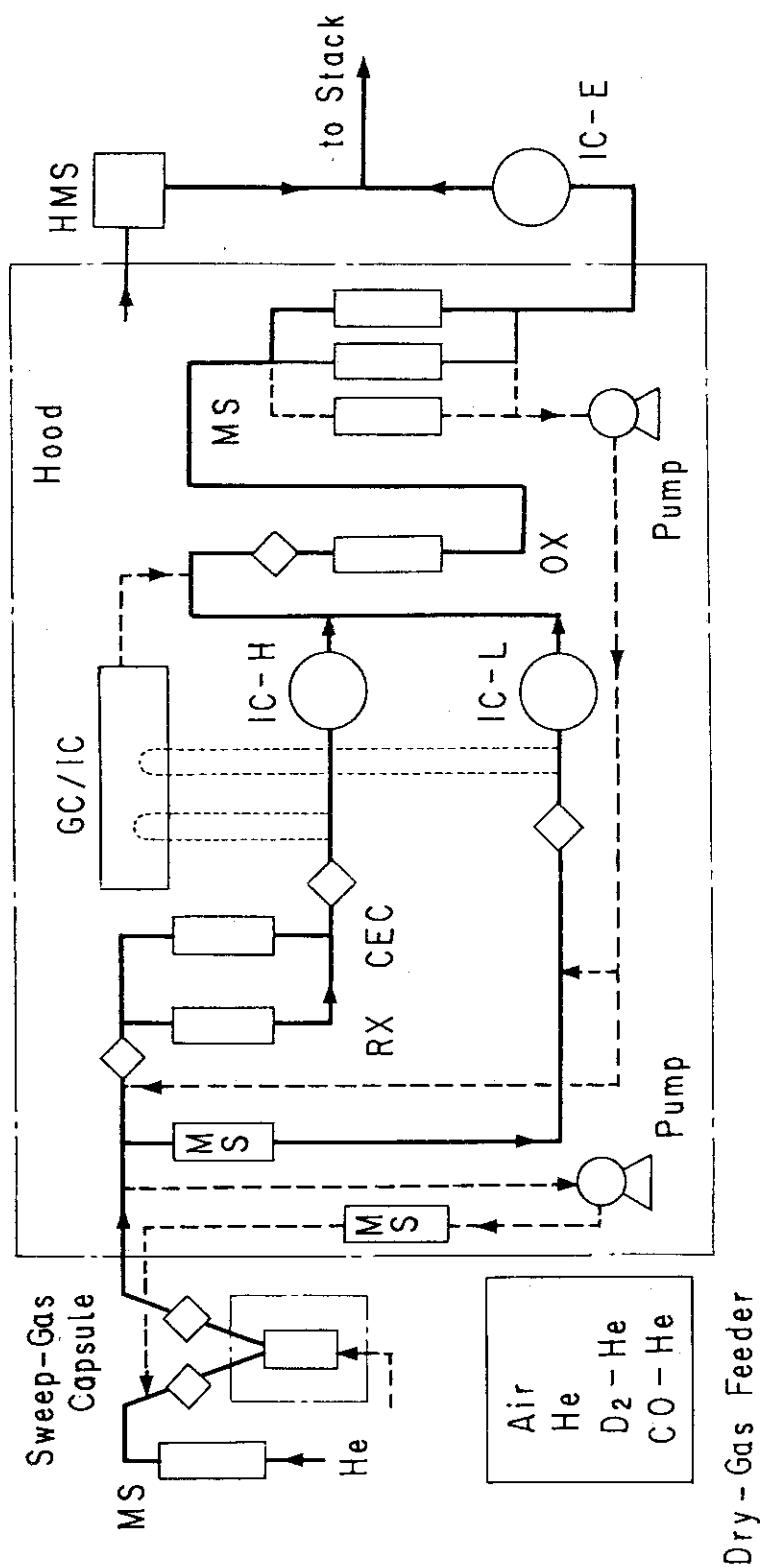


Fig. 1 Schematic Structure of VOM-21H Irradiation capsule



MS : molecular sieve bed  
 CEC : ceramic electrolysis cell  
 OX : catalytic oxidation bed  
 GC/IC : hydrogen isotope separation gas-chromatograph  
 $\diamond$  : hygrometer

HMS : hood monitoring system  
 RX : catalytic reduction bed  
 IC : ionization chamber

Fig. 2 Flow Sheet of Apparatus for In-situ Tritium Release Experiment

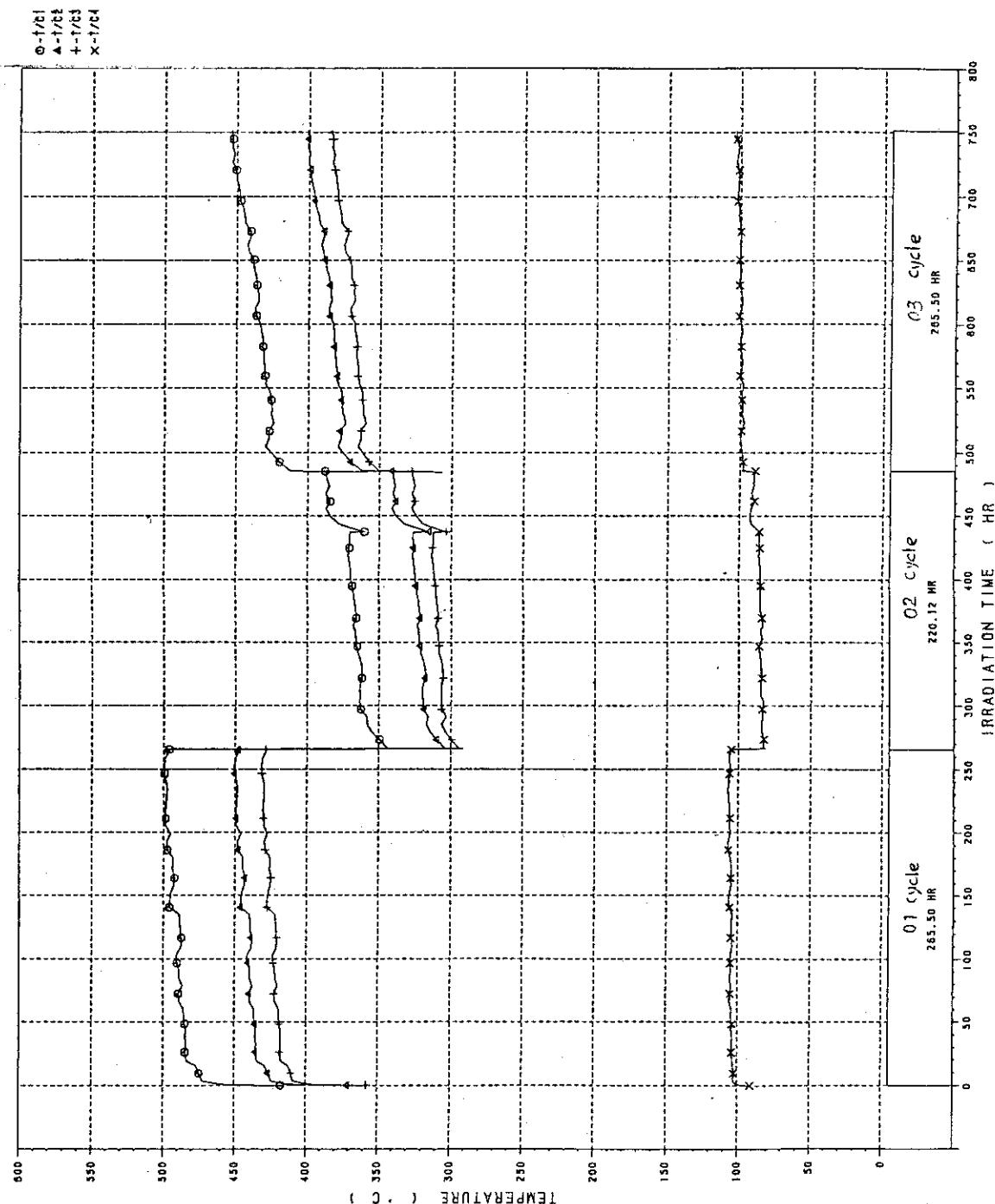


Fig. 3-1 ~ 3.8 Temperature Record of the VOM-21H Capsule

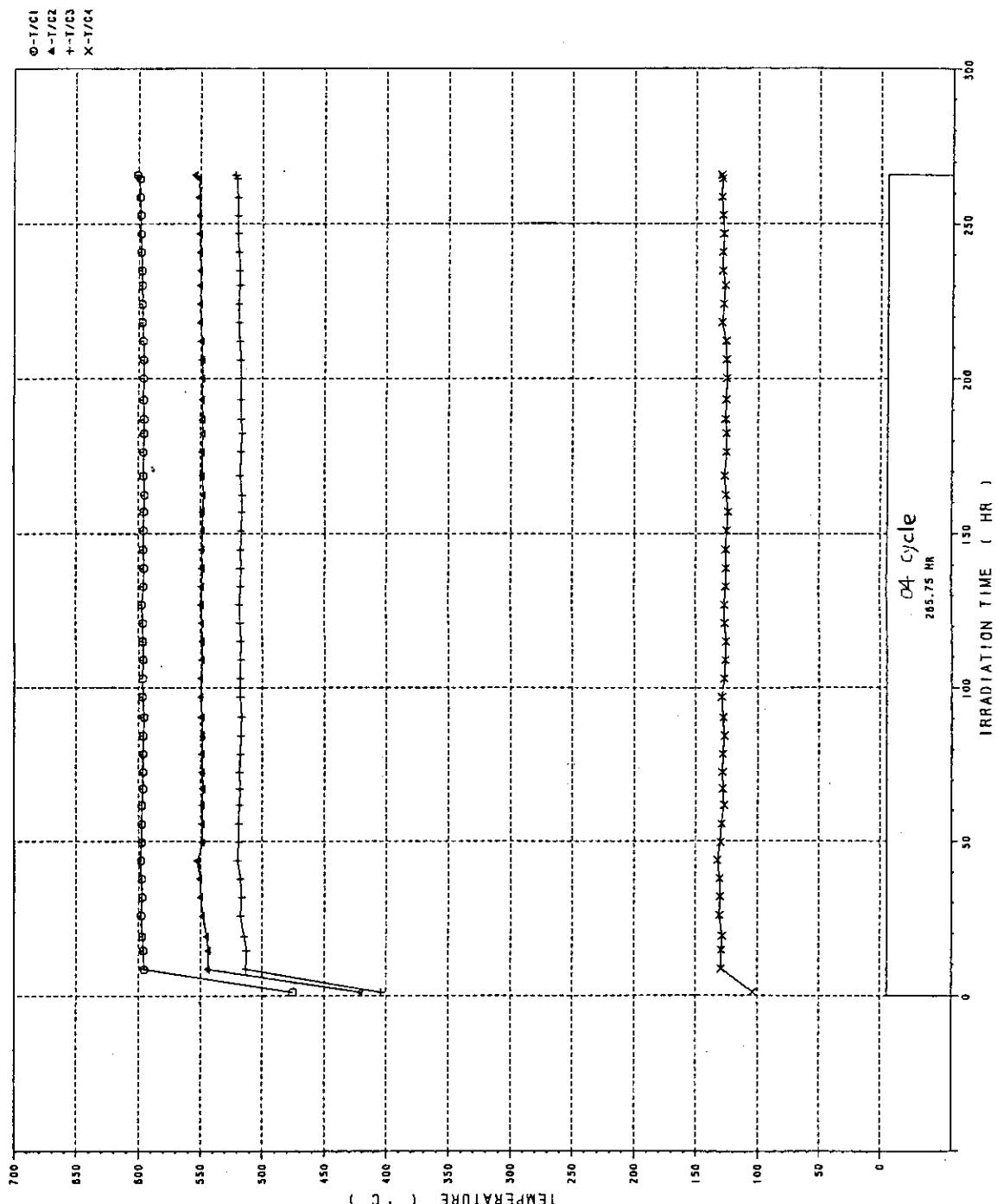


Fig. 3-2

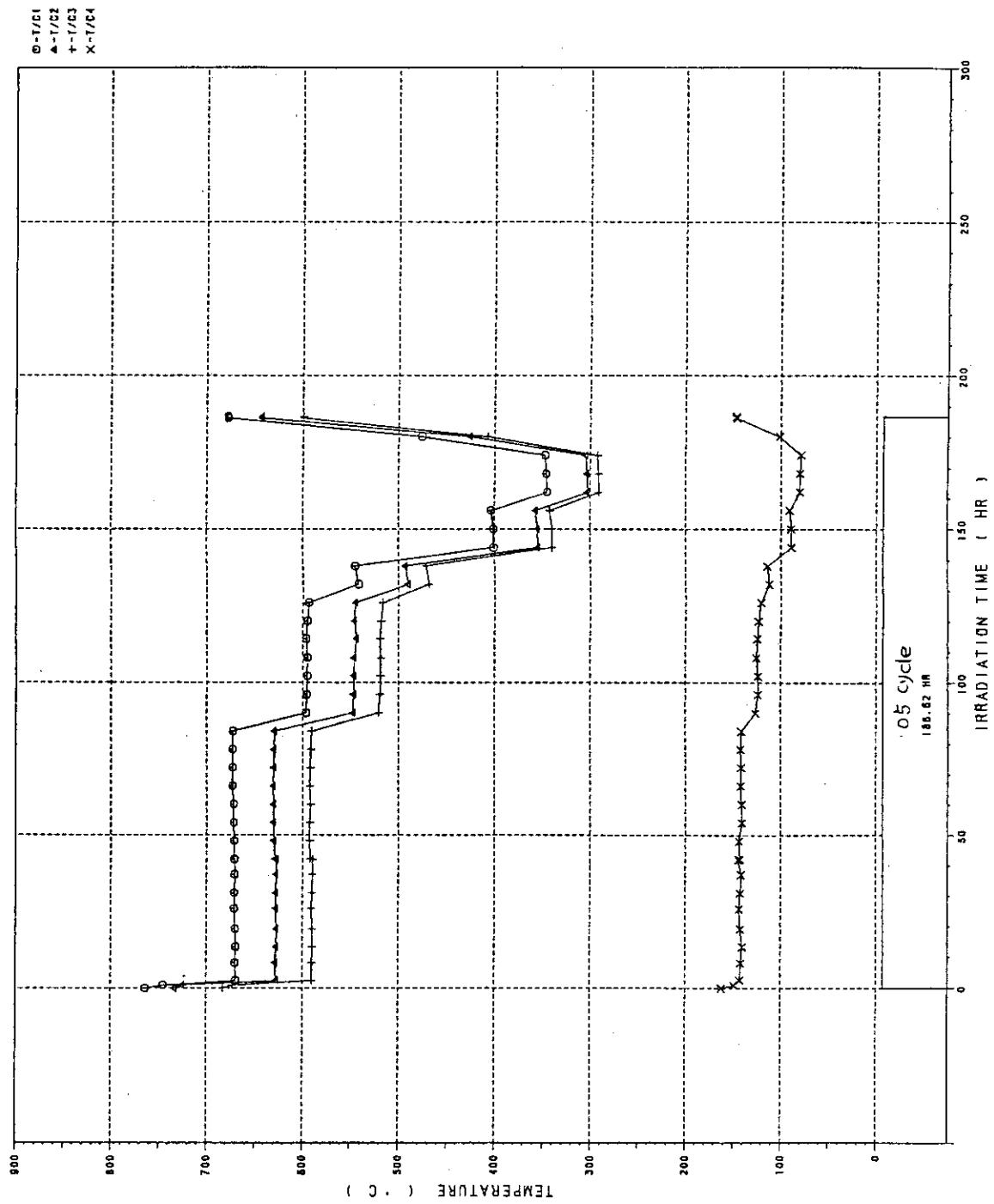


Fig. 3-3

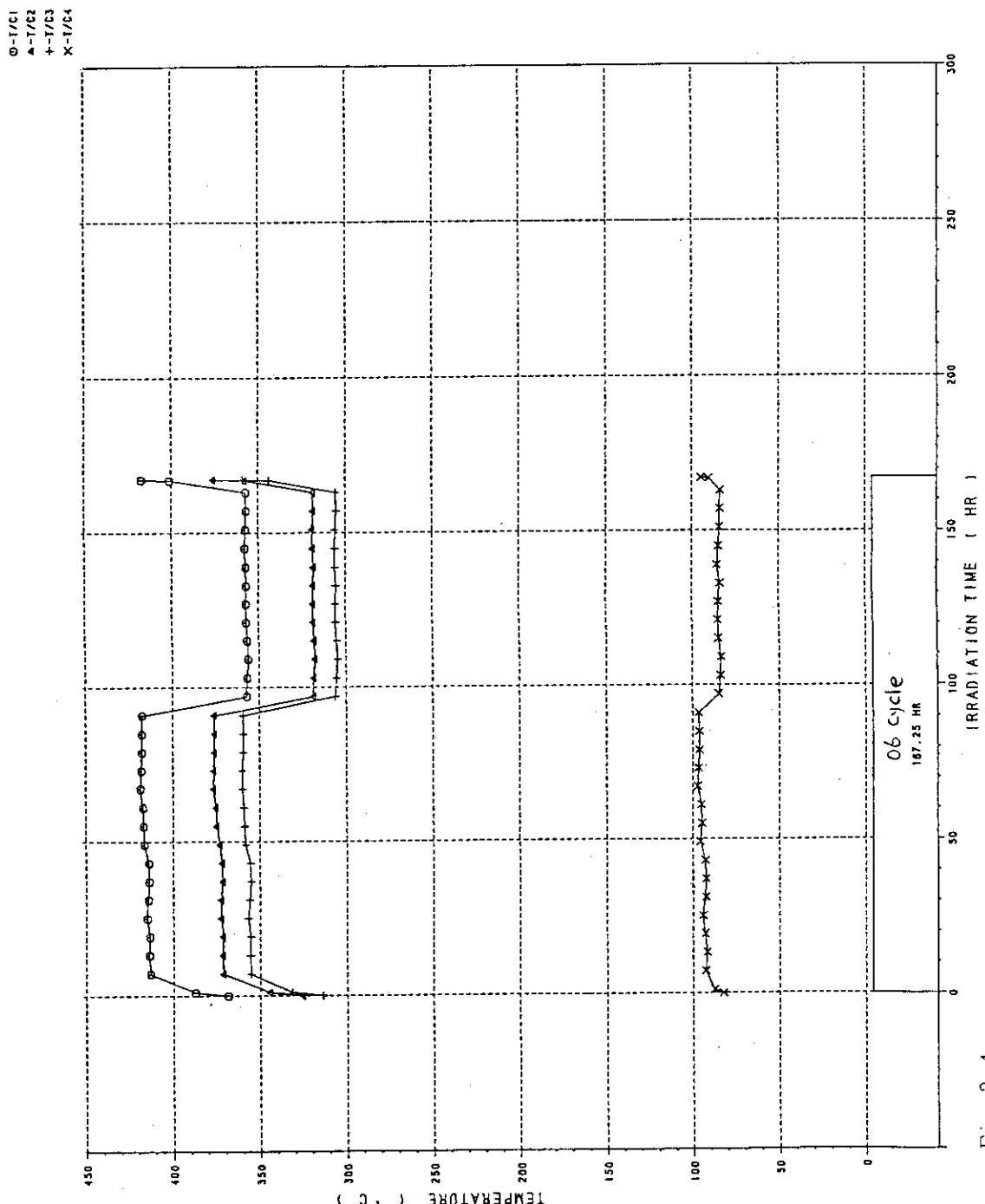


Fig. 3-4

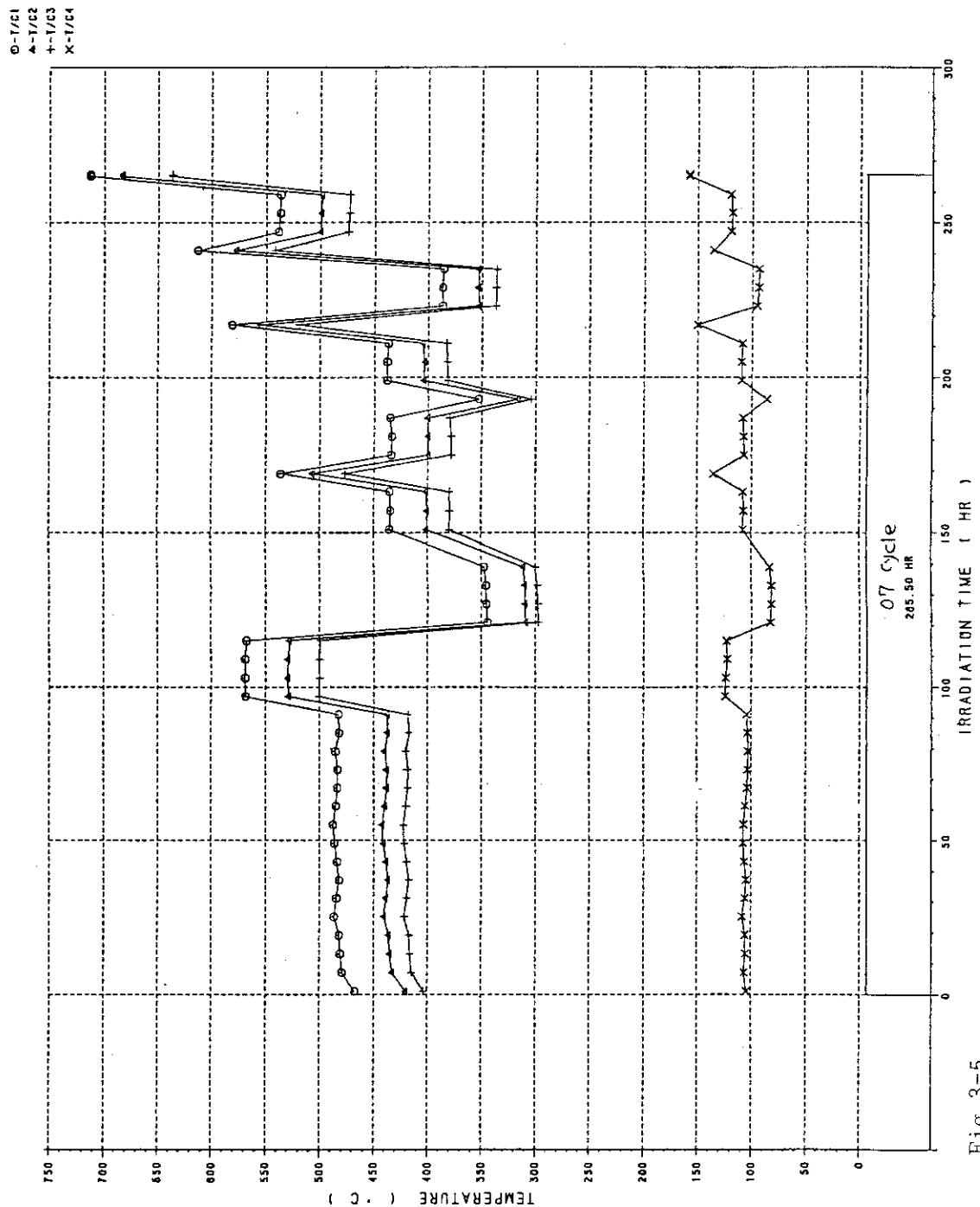


Fig. 3-5

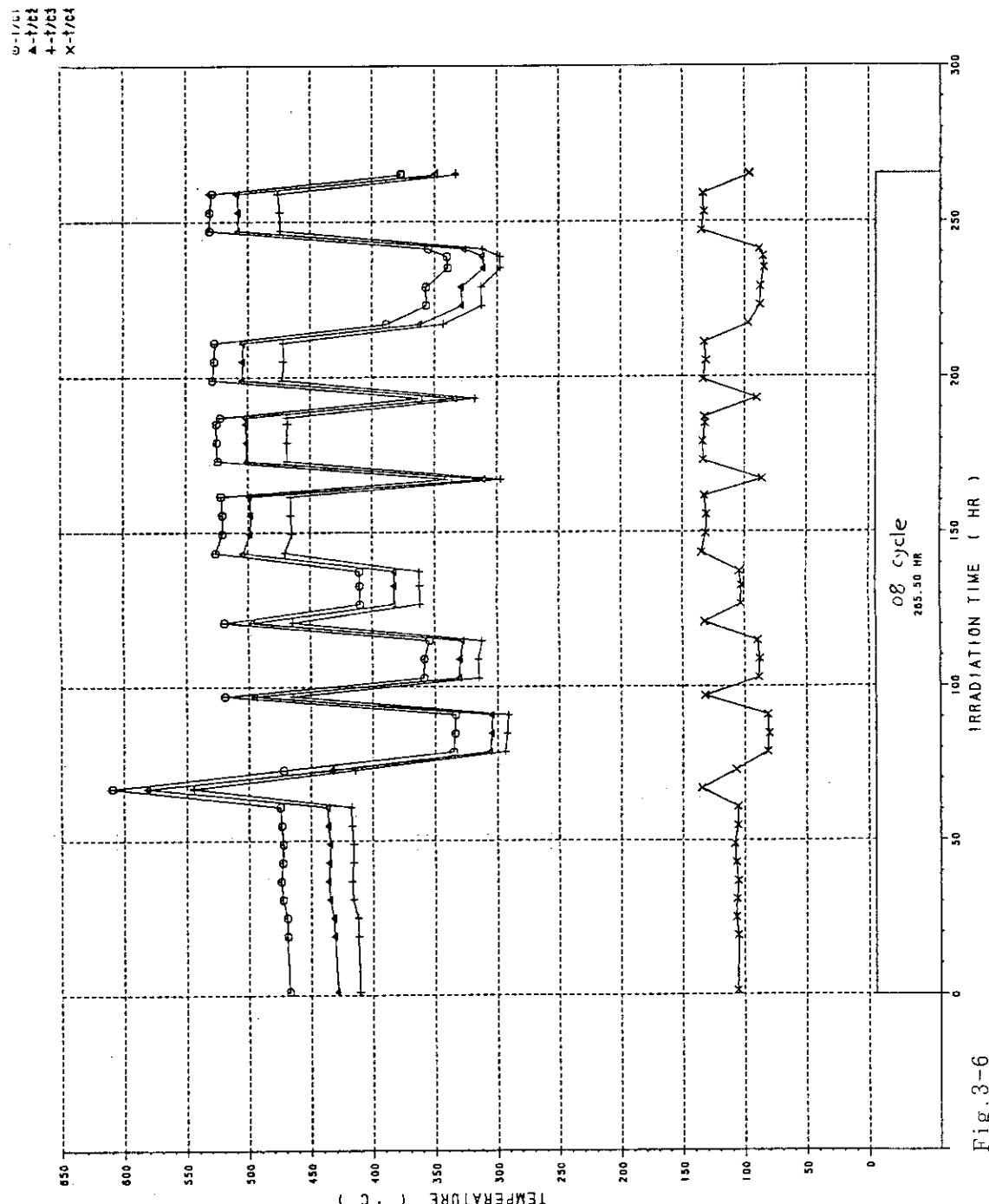


Fig. 3-6

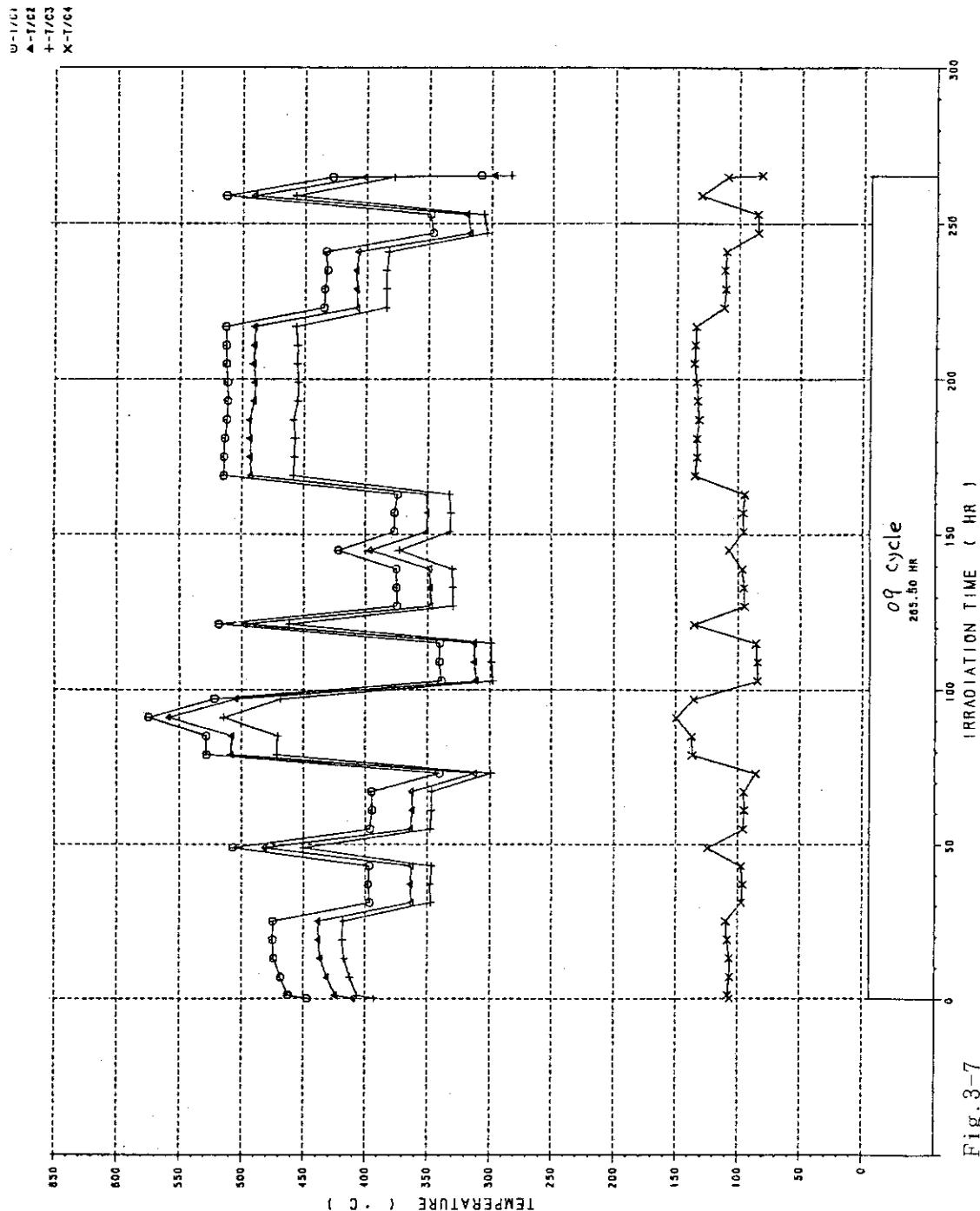
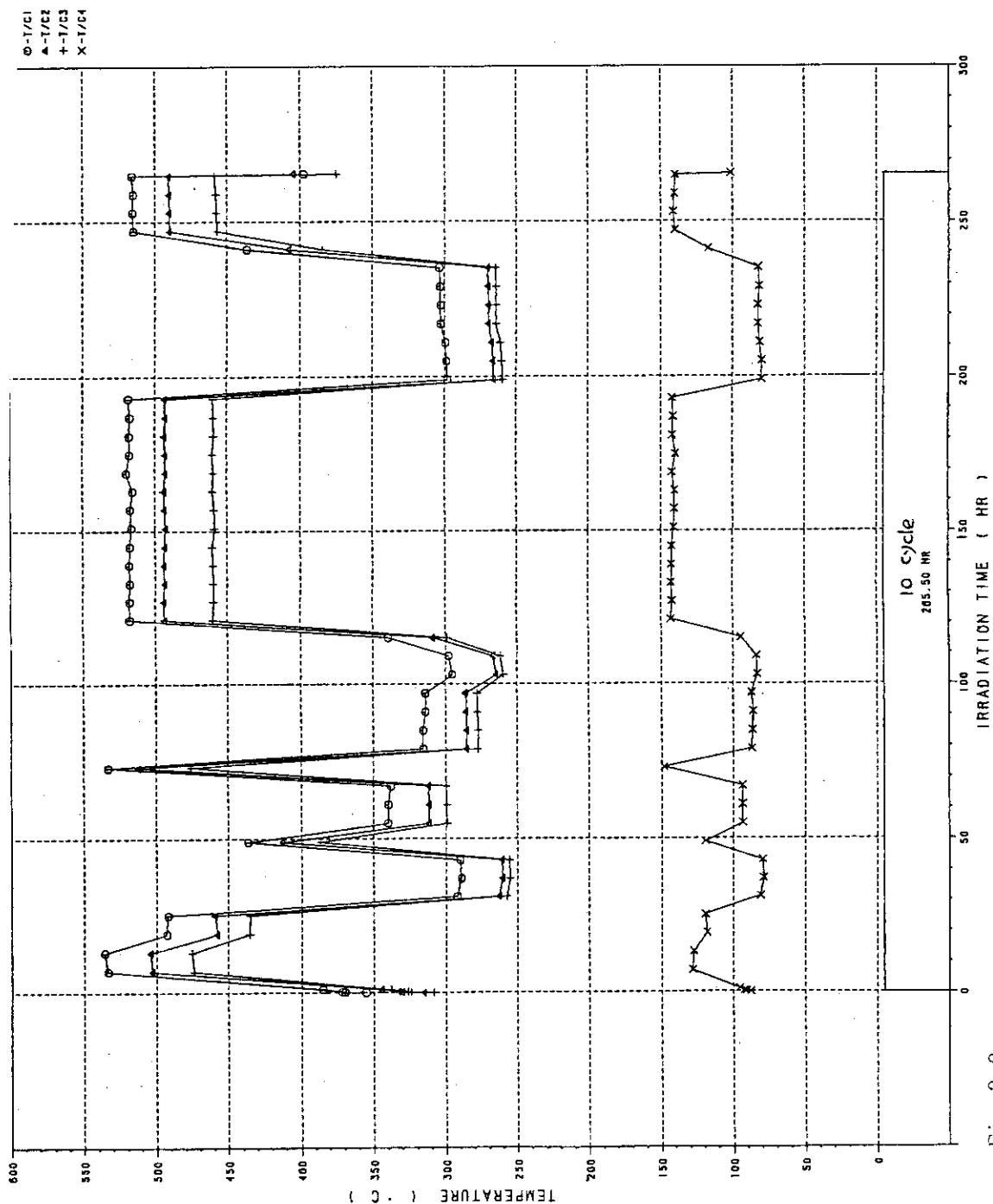


Fig. 3-7



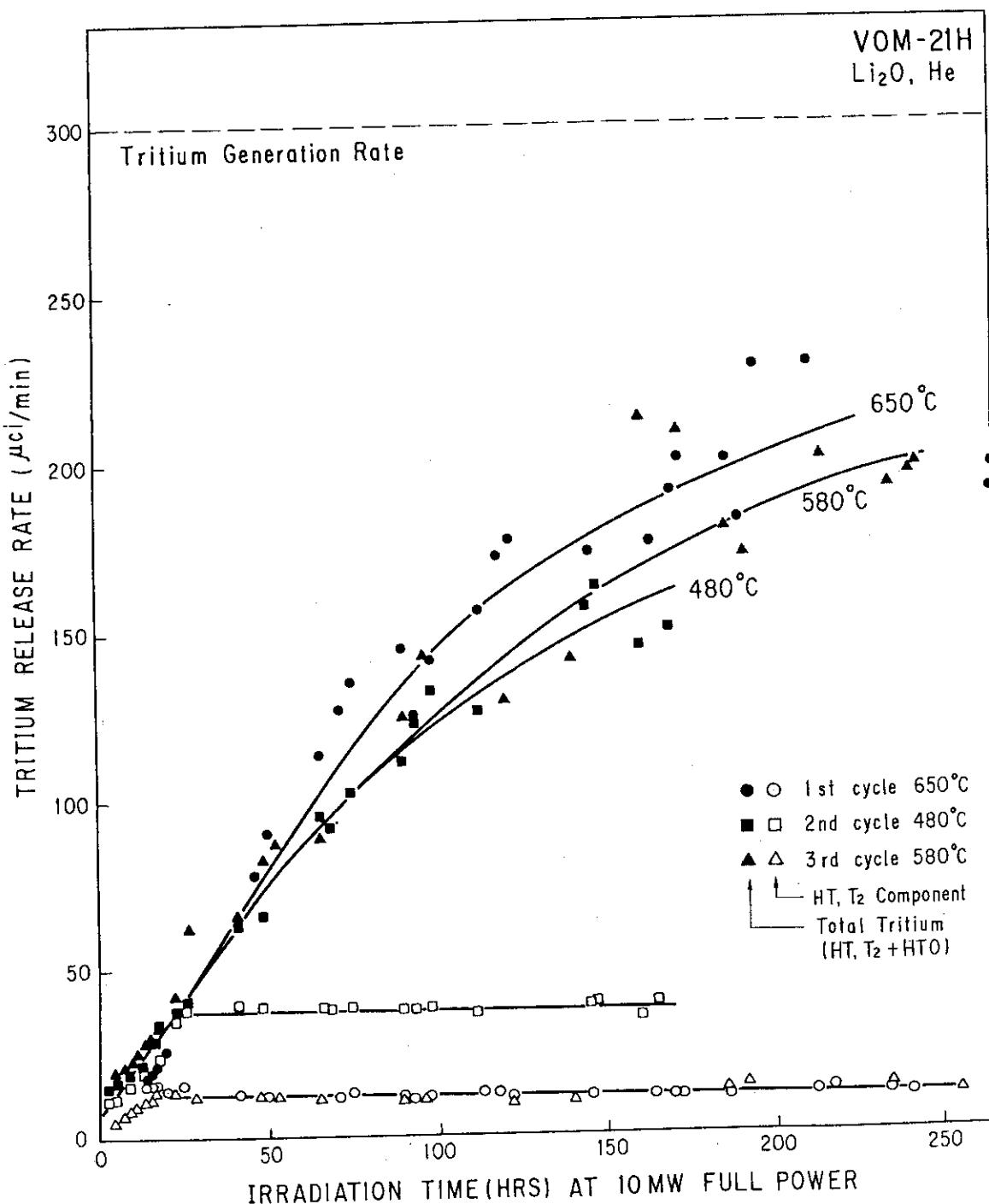


Fig. 4 Tritium Release Curue in pure He Sweep Gas  
(Total Tritium and HT,  $\text{T}_2$  Gas Component)

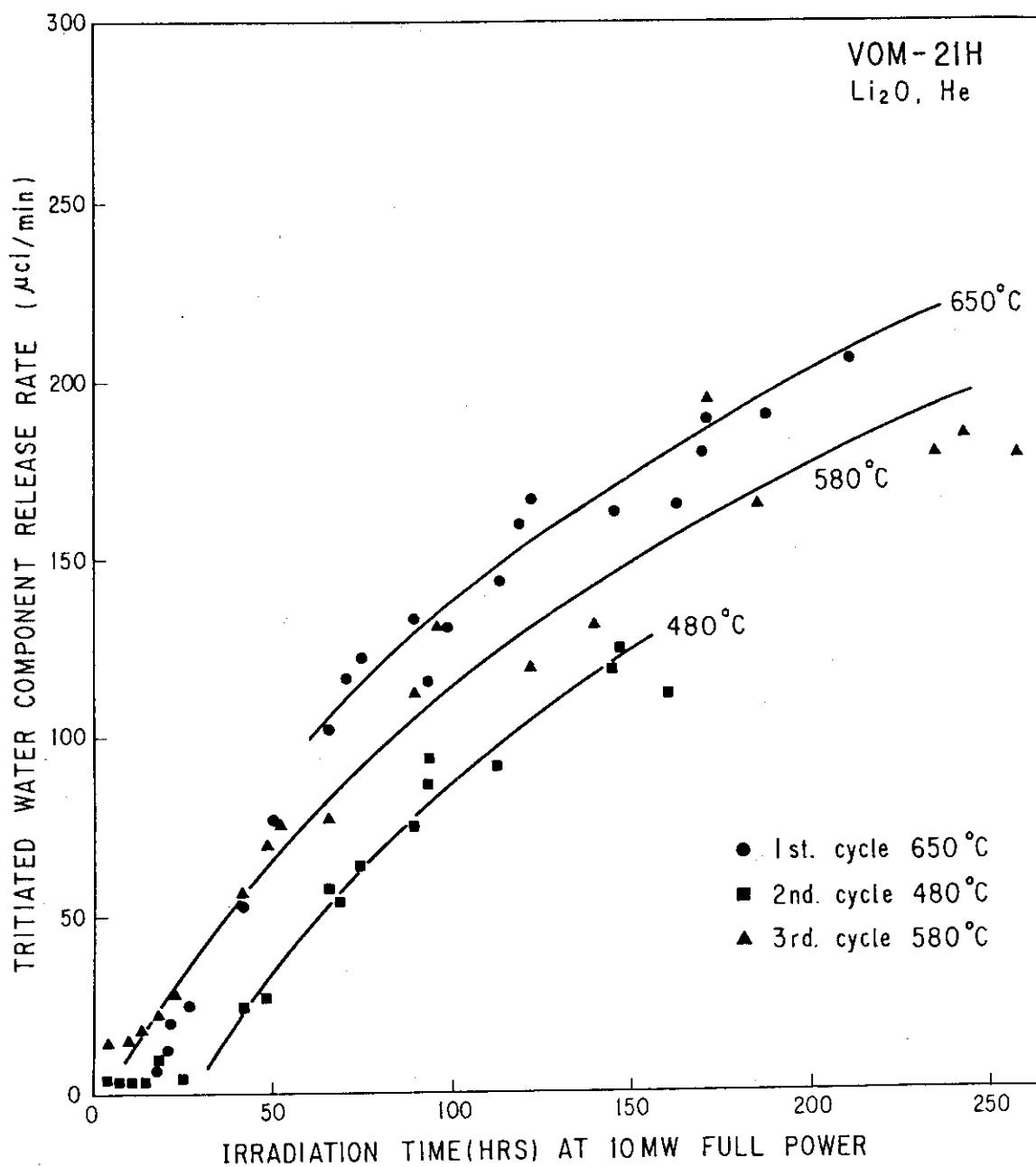


Fig. 5 Release Curve of Tritiated water Component at pure He Sweep Gas

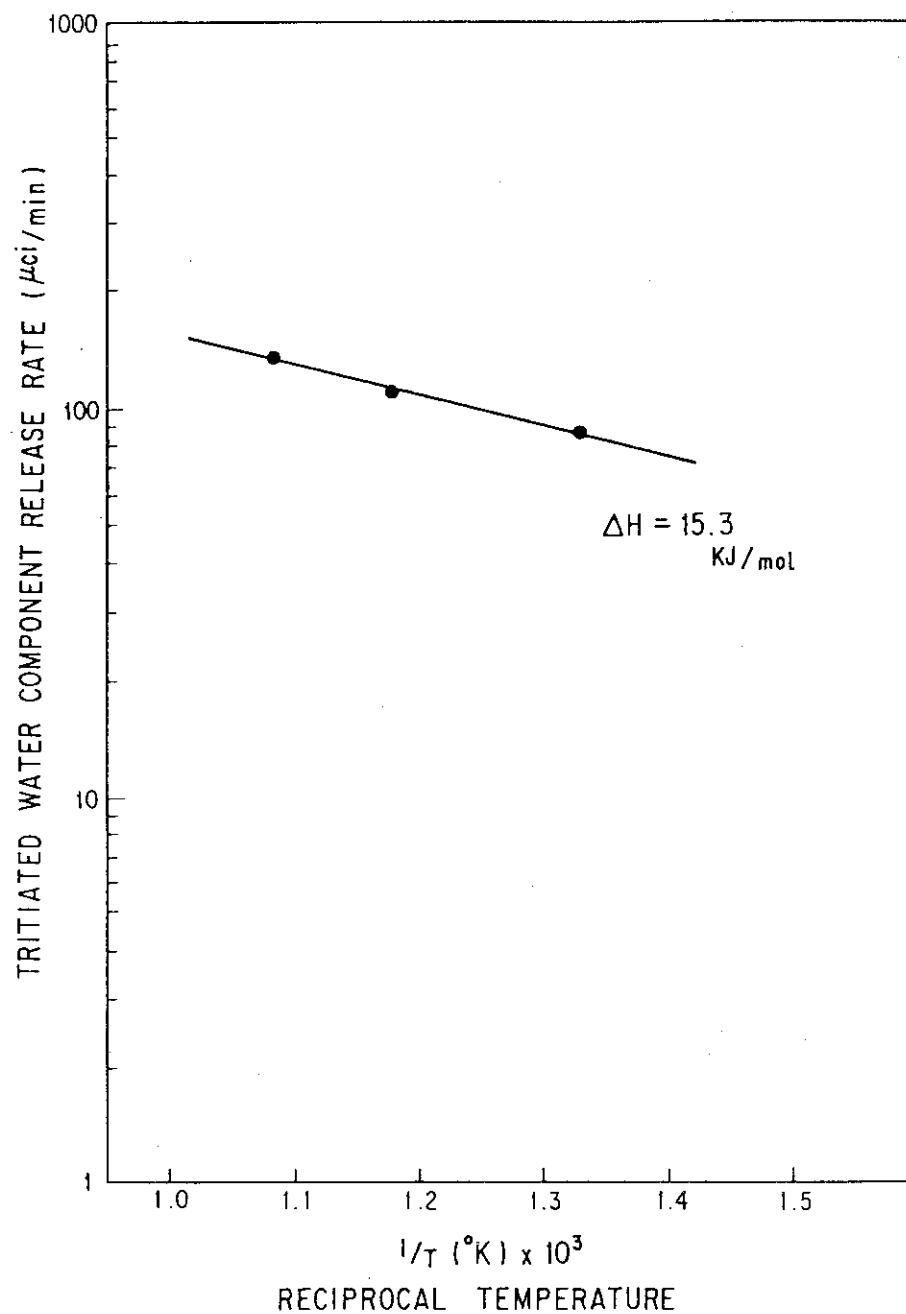


Fig. 6 Activation Energy of Tritiated Water Release Rate

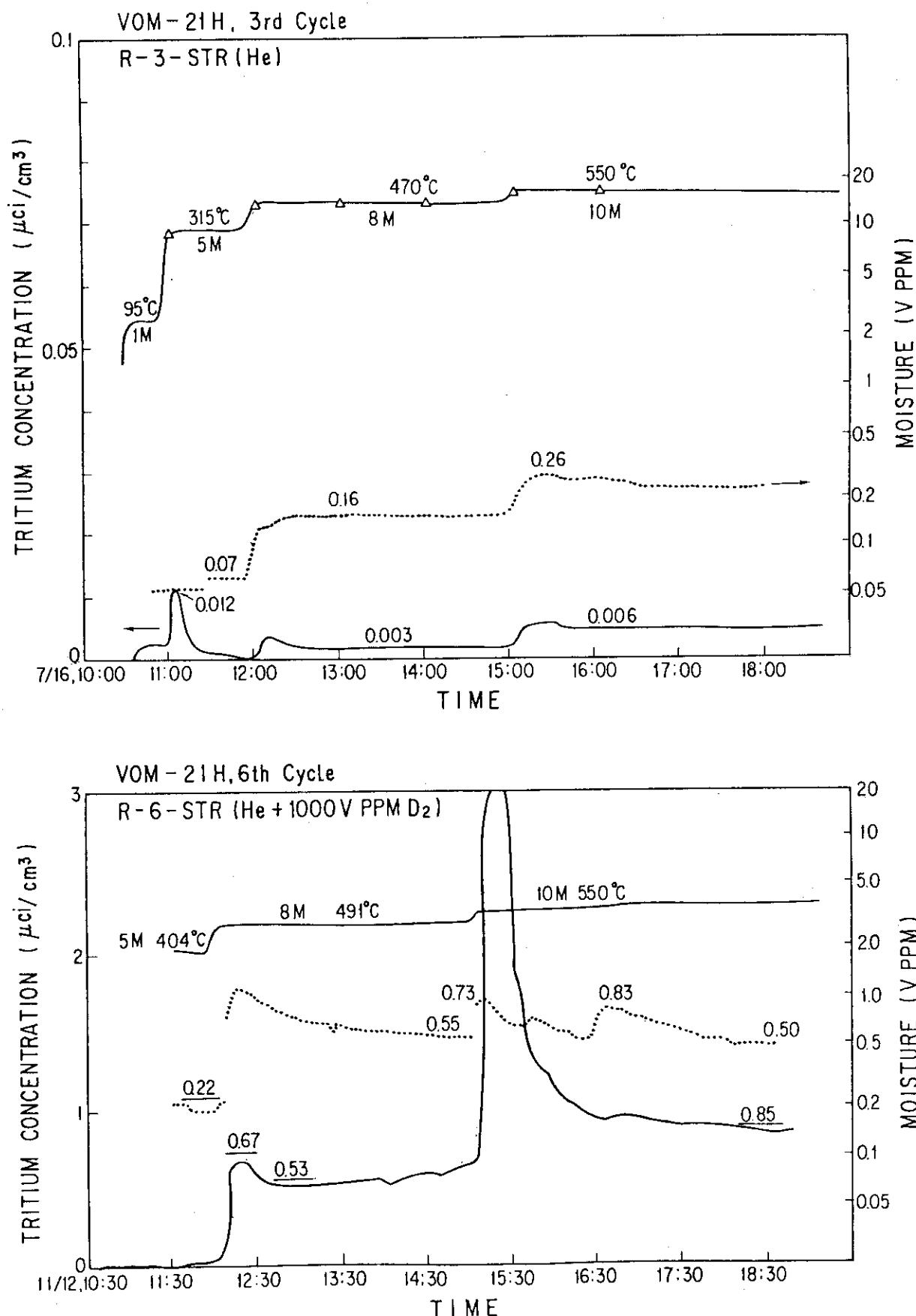


Fig. 7-1 ~ 7-3 Comparison of Released Behavior between pure herium and He + 1000 vppm D<sub>2</sub> at the Reactor start up

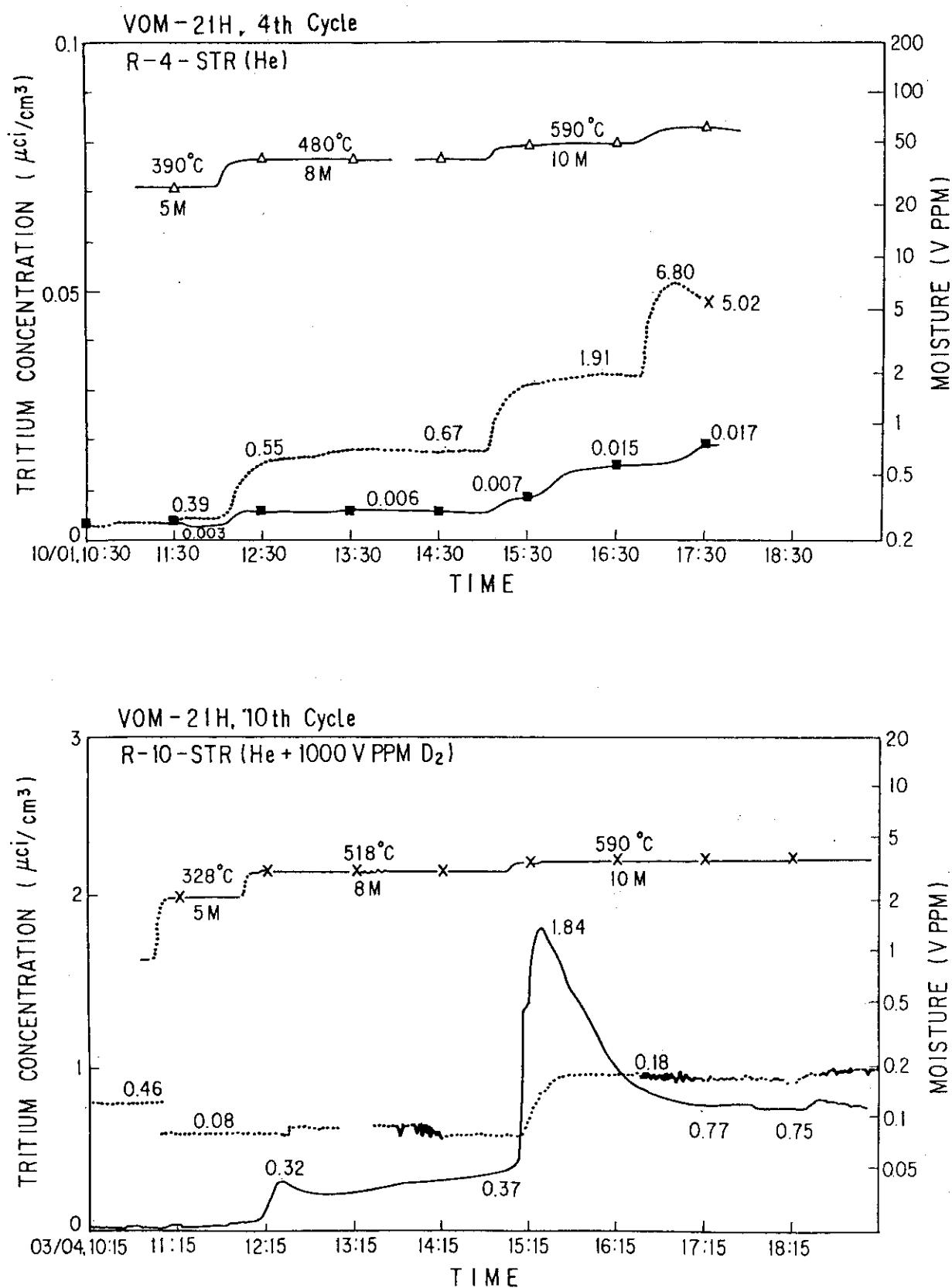


Fig. 7-2

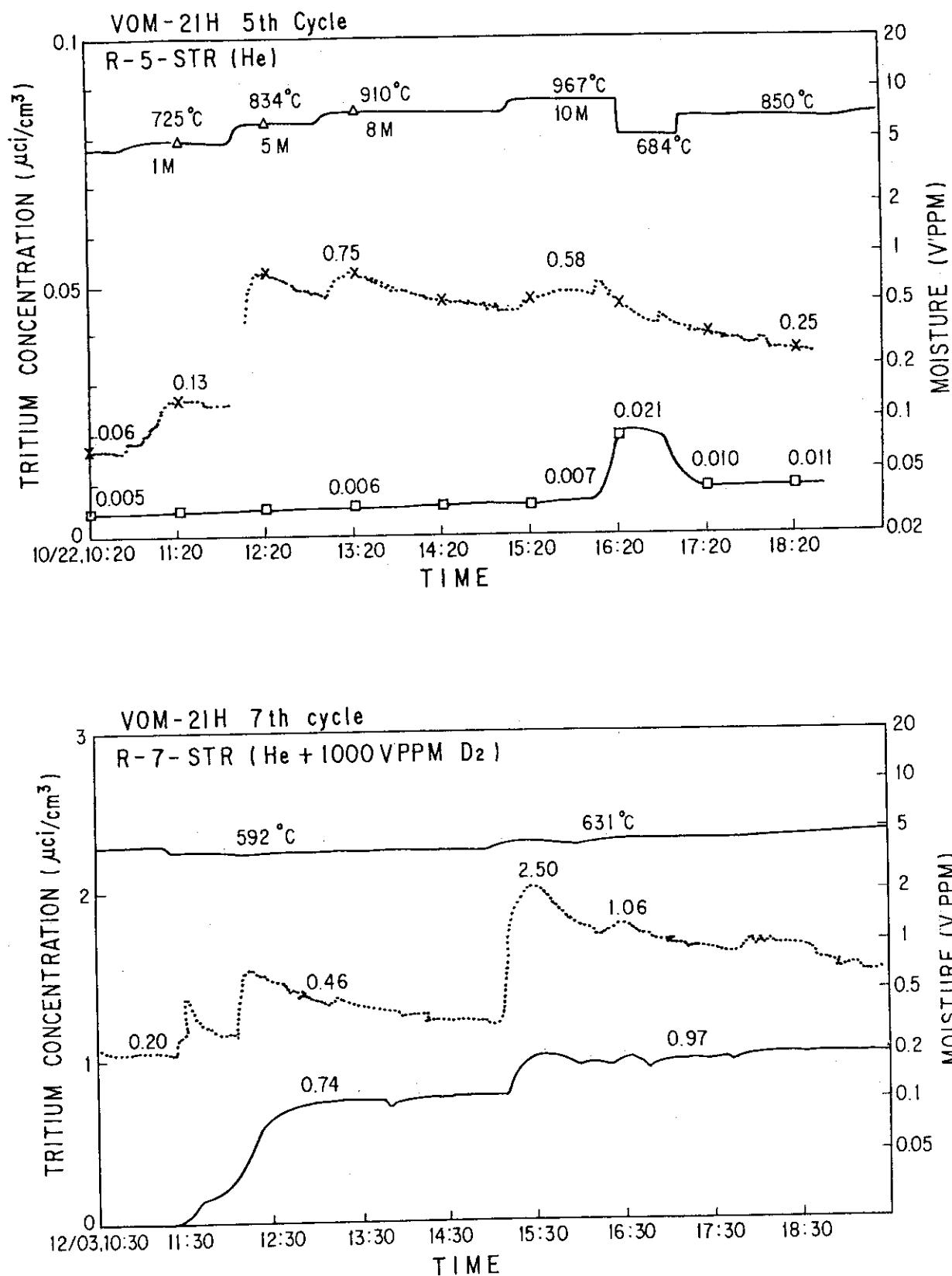


Fig. 7-3

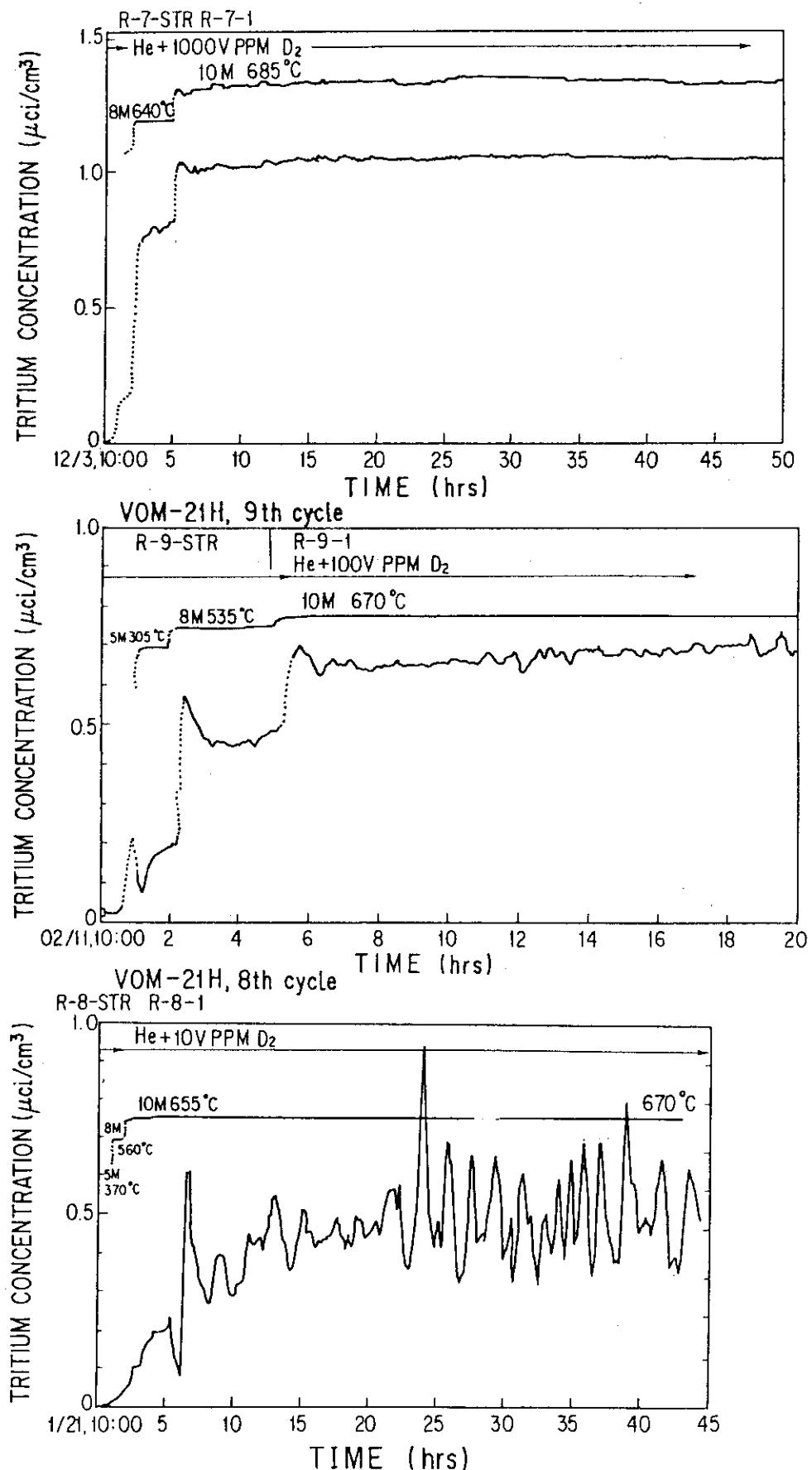
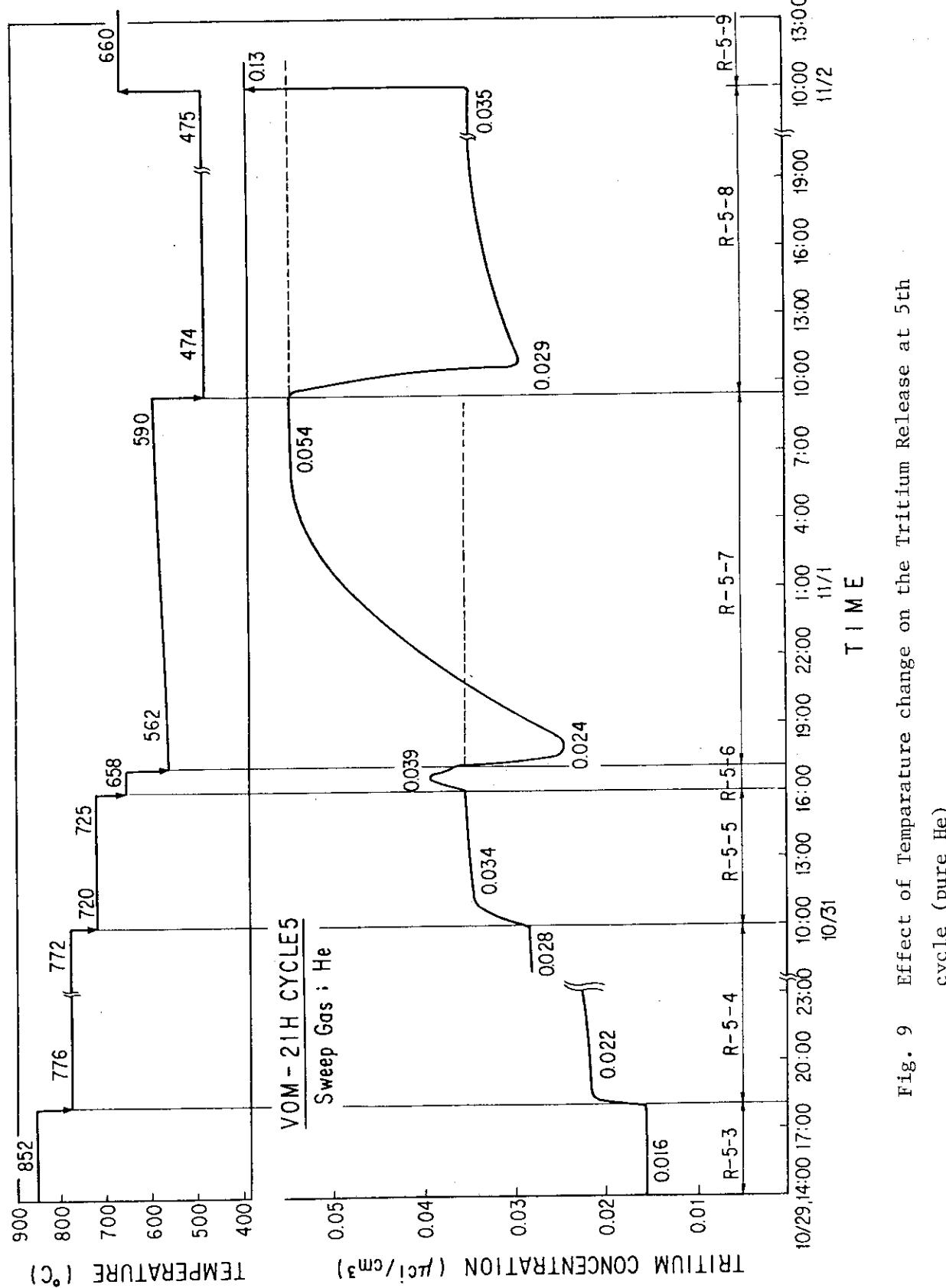


Fig. 8 Effect of Sweep gas Composition on the Tritium Release



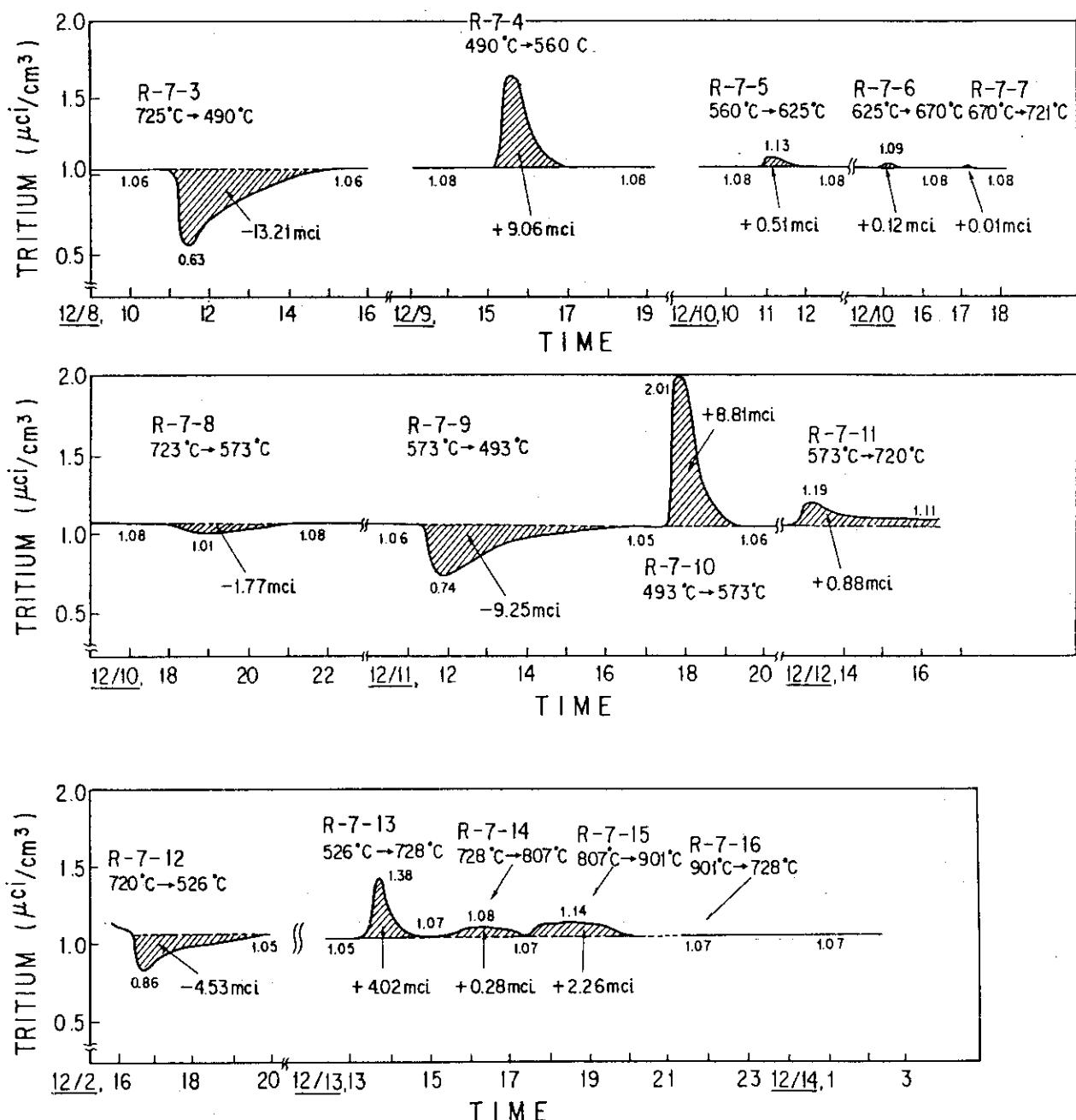


Fig. 10 Effect of Temperature Change on the Tritium Release at 7th cycle (He + 1000 vppm D<sub>2</sub>)

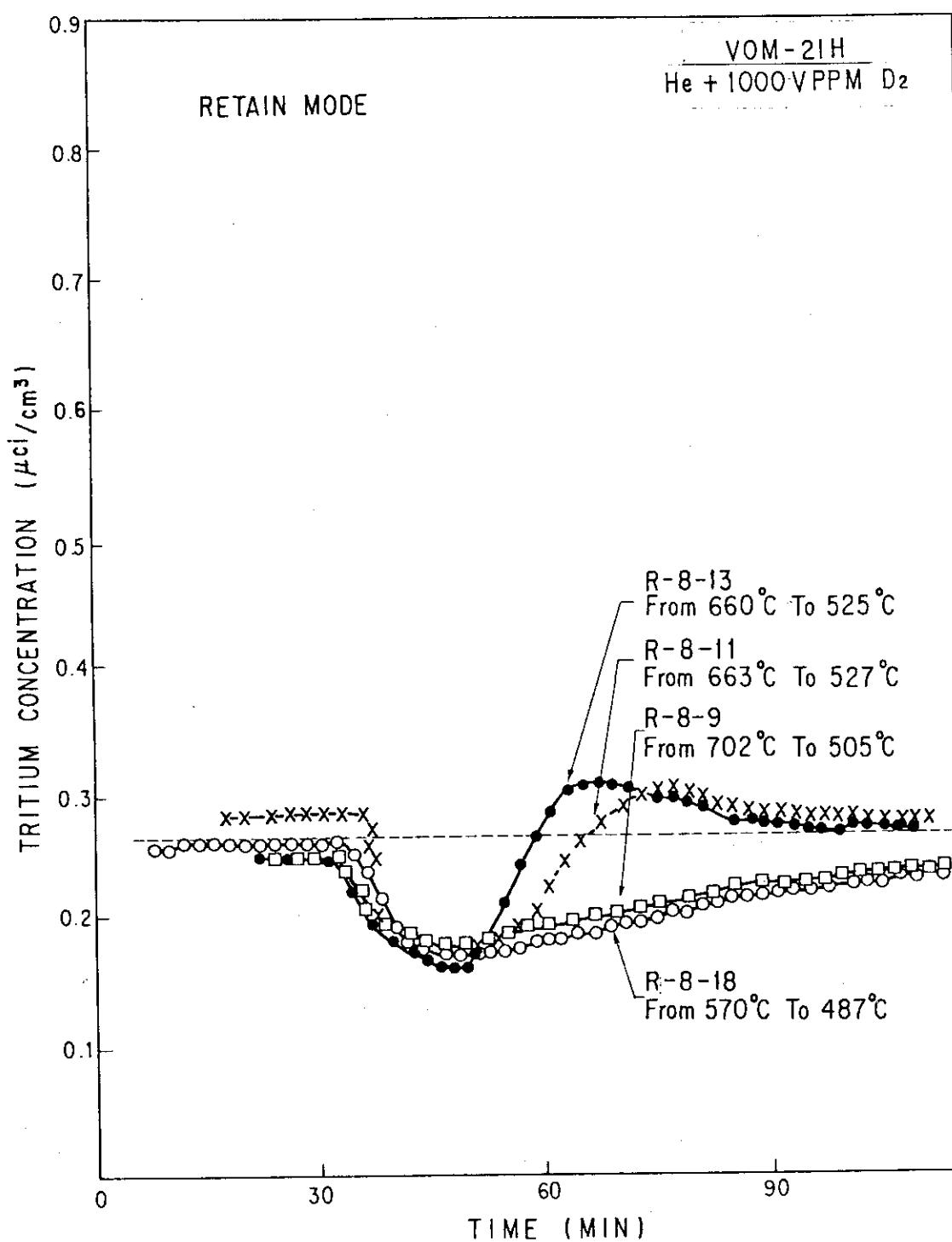


Fig. 11-1 and 11-2 Tritium Retain and Release Mode at 8th Cycle  
(He + 1000 vppm D<sub>2</sub>)

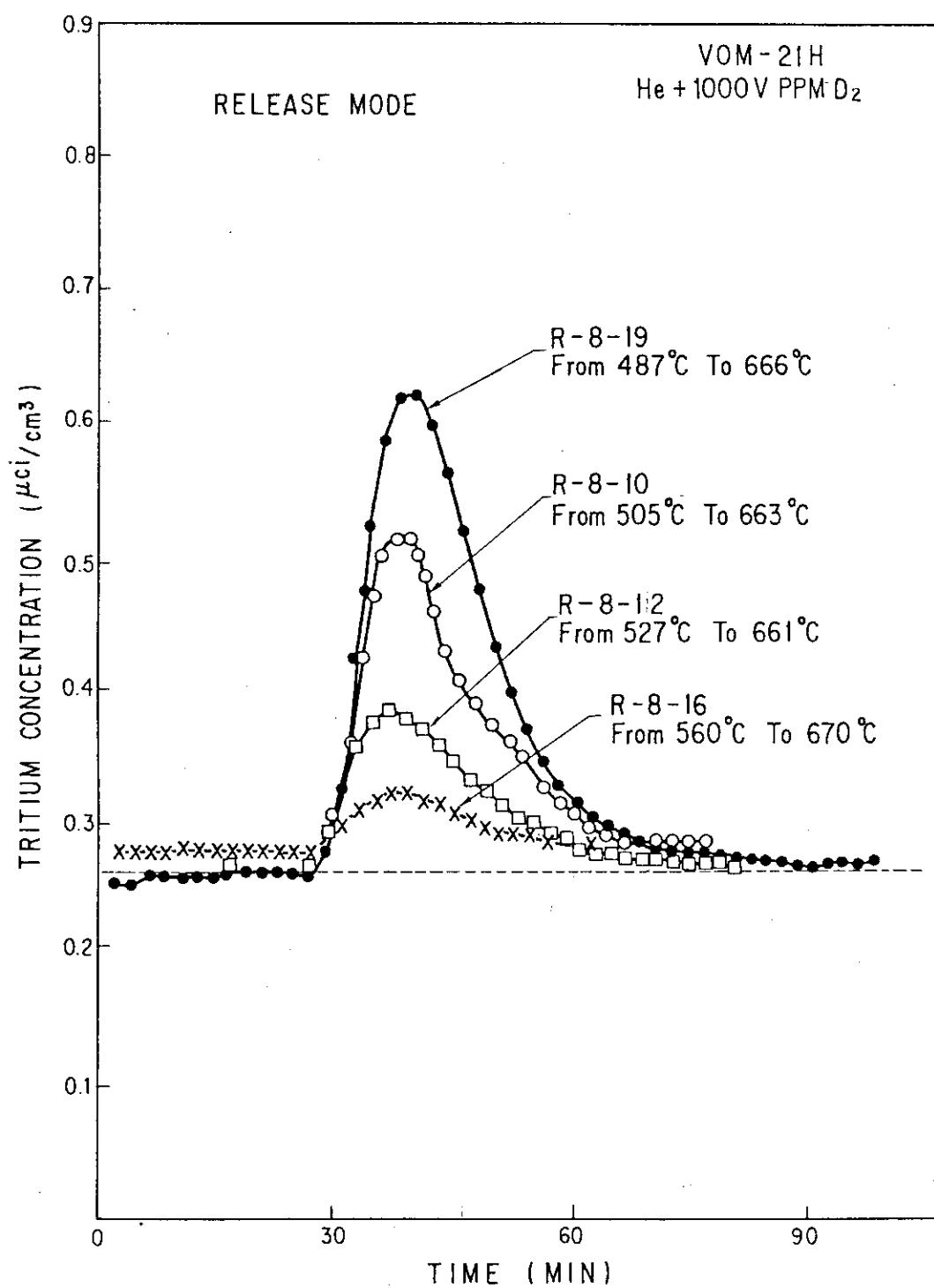
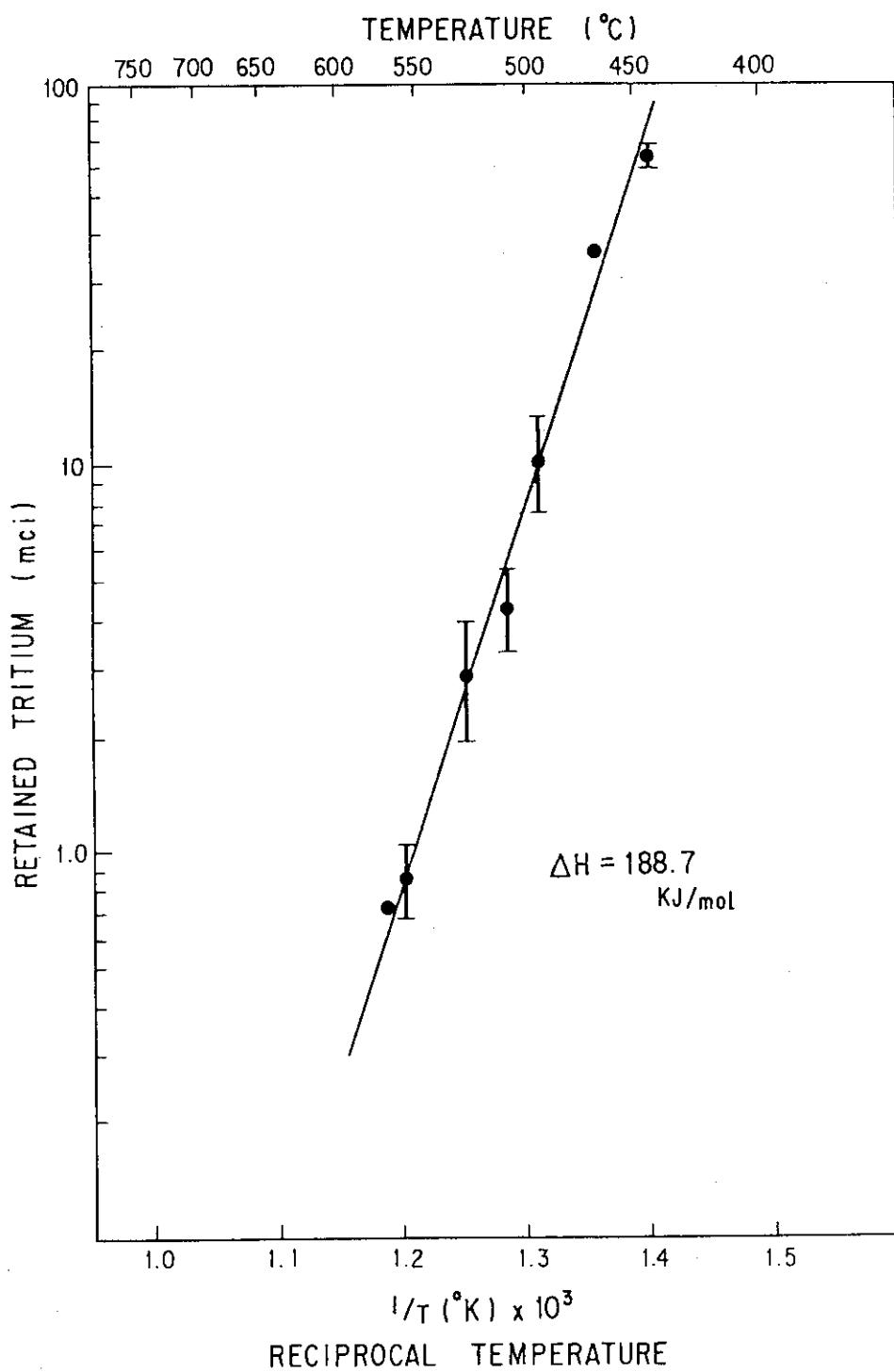


Fig. 11-2

Fig. 12 Activation Energy of the tritium Inventory at He + 1000 vppm D<sub>2</sub>

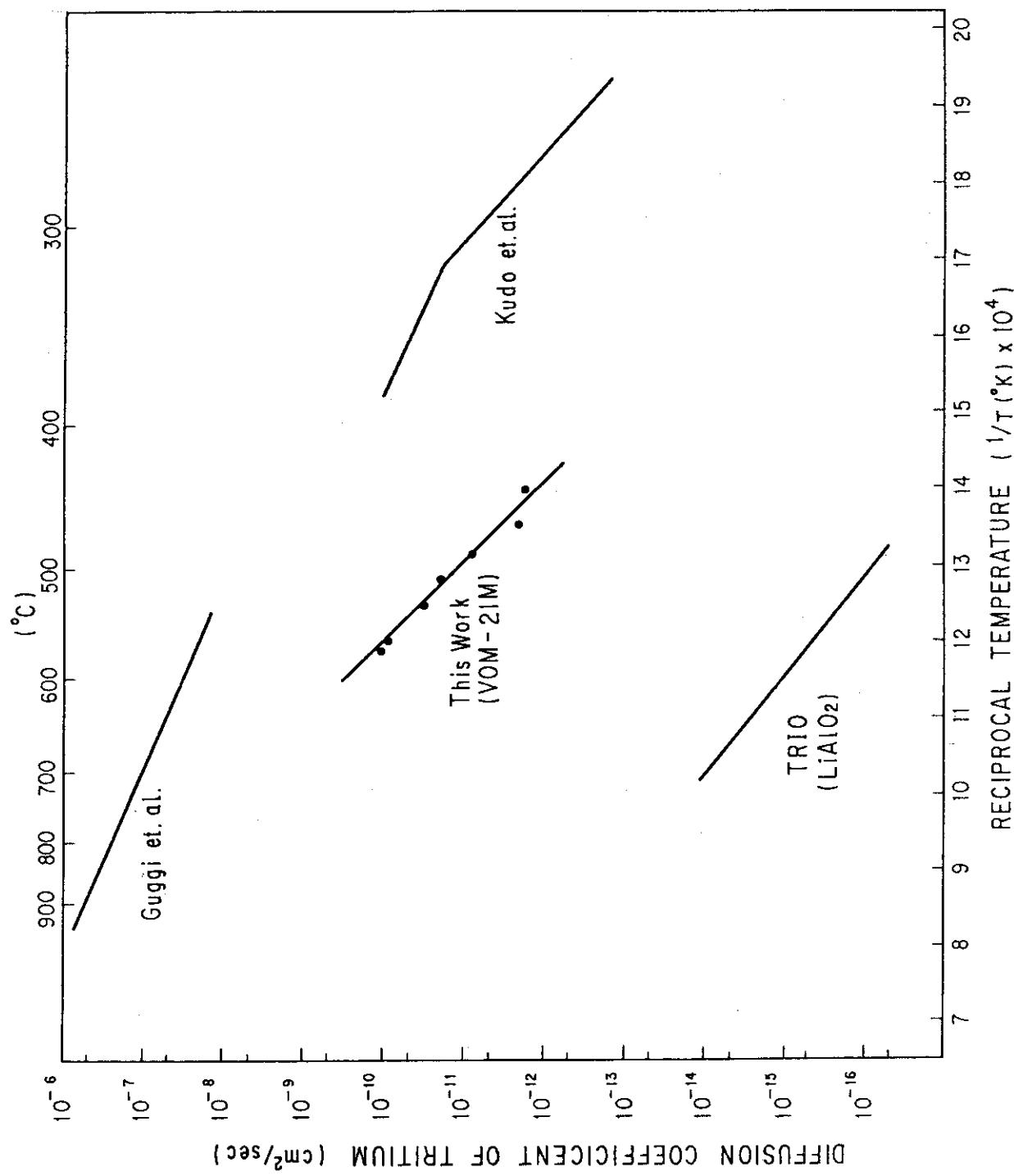


Fig. 13 Comparison of Tritium Diffusion Coefficients

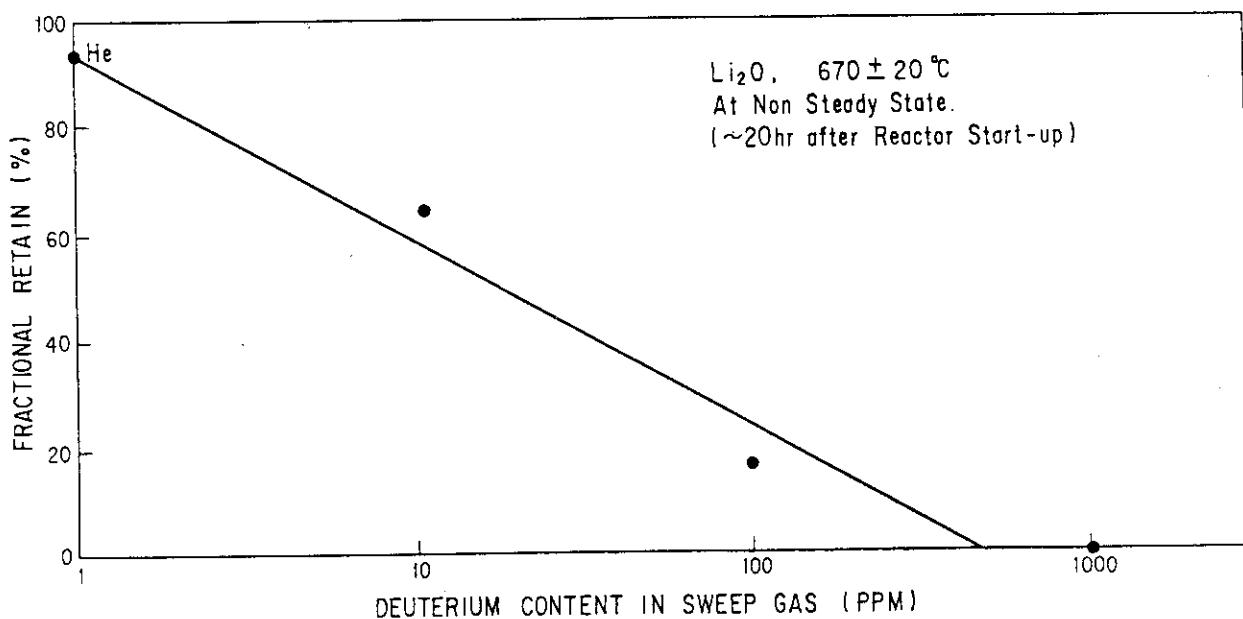


Fig. 14 Dependence of Additive Deuterium content in the sweep gas to the Retained Tritium

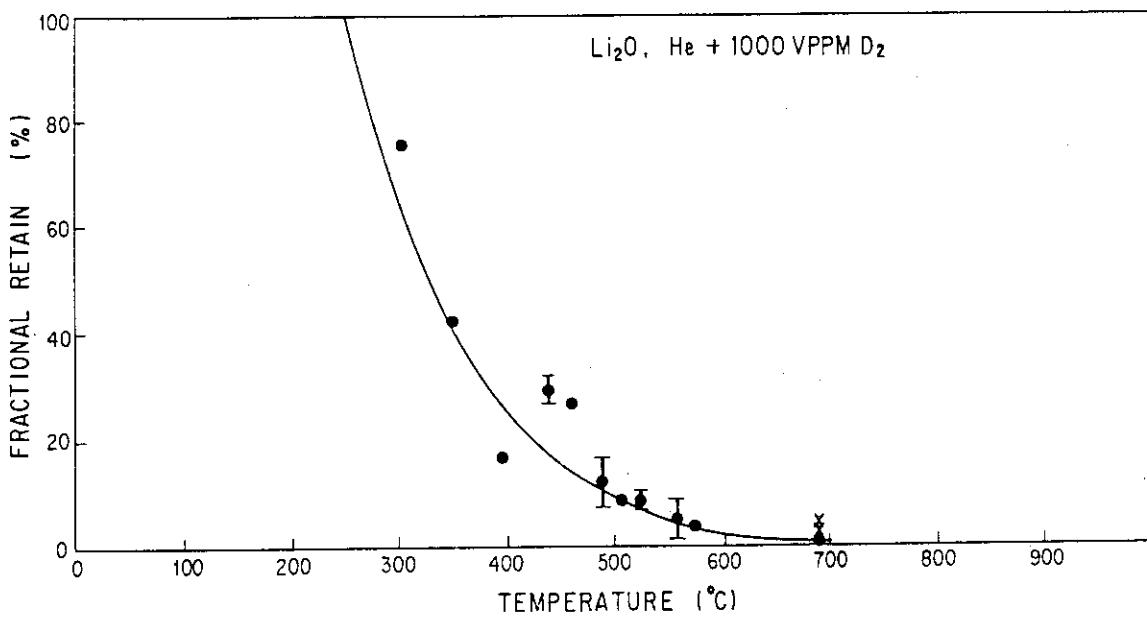


Fig. 15 Temperature Dependence of Retained Tritium at He + 1000 vppm D<sub>2</sub>

Appendix Drawing of Recorded Tritium Release  
Curves and Moisture Release Curves  
for Cycle 5~Cycle 10 (VOM-21H)

