

本資料は 年 月 日付けで登録区分、
変更する。 2001. 6. 6

[技術情報室]

高速炉燃料リサイクル試験(6)

—— 第4回ホット試験(その1) ——

FBR Fuels Reprocessing Experiments at CPF (6)

1984年6月

動力炉・核燃料開発事業団
東海事業所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2001



高速炉燃料リサイクル試験(6)

— 第4回ホット試験(その1) —

FBR Fuels Reprocessing Experiments at CPF (6)

実施責任者	堀 江 水 明
報 告 者	大 内 仁
	堀 井 信 一
	橋 本 力 雄
	田 中 幸 一
	出 光 一 哉
	算用子 裕 孝
	大 西 清 孝
	安 聡 宏

期 間 1984年4月2日 ~ 1984年5月25日

目 的 高速炉使用済燃料の溶解性と不溶解性残渣の性状に関する基礎データを取得する。

要 旨

本報告書は、高レベル放射性物質研究施設(CPF)のA系列において実施した第4回ホット試験のうち、溶解に関する結果をまとめたものである。

試験には、高速実験炉「常陽」MK-I、燃焼度40,100 MWD/T、冷却日数830日の燃料ピン4本を用いた。

溶解試験は、溶解温度と溶解液(硝酸)濃度を変えた90℃、80℃、70℃-3.5M HNO₃及び90℃-2.5M HNO₃の4条件で行い、燃料ピンは1条件1本を使用した。

試験の結果下記知見が得られた。

- 1) 溶解温度をパラメータとした試験のうち80℃以上ではウラン、プルトニウムの溶解挙動に違いはみられなかった。
- 2) また、クリプトンの放出量と燃料の溶解量との良い相関関係を得た。
- 3) 溶解温度を70℃にした試験ではウランの溶解がプルトニウムよりも遅れ、燃料の溶解量とクリプトンの放出量にも良い相関関係が得られなかった。
- 4) 硝酸濃度を2.5 Mと低くした試験ではウランの溶解がプルトニウムよりも遅れたが、プルトニウムの溶解とクリプトンの放出には良い相関関係が得られた。
- 5) 溶解温度70℃の場合を除いて溶解中にプルトニウムの6価が生成した。
- 6) 各溶解試験についてコア部燃料の0.4～0.6 w/oの不溶解性残渣を回収した。
- 7) 残渣の主成分はモリブデン、ルテニウムであった。

Table list

- Table 2-1 ホット試験の予定と実績
Schedule and result of hot test.
- Table 2-2 ホット試験従事者名
Names of employees of hot test.
- Table 3-1 燃料ピン概略仕様
Specification of fuel pins.
- Table 3-2 核分裂生成物質の量
Elemental constituents in fuel pin.
- Table 3-3 U及びPuの同位体重量
Composition of U and Pu in 4 pins.
- Table 4-1 ハル及び燃料重量
Weights of hulls and fuels.
- Table 4-2 溶解試験条件
Conditions of dissolution test.
- Table 4-3 溶解液中のU, Pu及び硝酸濃度
Concentrations of U, Pu and HNO₃ in dissolved solution.
- Table 4-4(1)~(2) 溶解液中の γ -核種濃度
Concentrations of γ -nuclides in dissolved solution.
- Table 4-5 U及びPuの溶解率
Dissolution rate of Uranium and Plutonium.
- Table 4-6 溶解槽内の硝酸量
Amounts of nitric acid in the dissolver.
- Table 4-7 溶解槽内のPu(VI)の量
Plutonium valency in the dissolver solution.
- Table 4-8 液密度の変化
Variations of solution density.
- Table 4-9 剪断及び溶解時のKr-85放出量
Amounts of released ⁸⁵Kr gas in shearing and dissolution.
- Table 4-10 溶解液フィルタの γ 分析結果
 γ Analytical results of filtered particles with filter papers.
- Table 4-11 不溶解性残渣の重量
Weights of undissolved residue.

Table 4-12 残渣洗浄液の分析結果

Analytical results of rinsing solution of residue.

Table 4-13 溶解槽洗浄液の分析結果

Analytical results of rinsing solution of dissolver.

Table 4-14 ハルの分析結果

Analytical results of hulls.

Photo list

Photo 4-1 剪断片

Sheared piece.

Photo 4-2 溶解液の濾過後のフィルタ

Filter-paper of after filtered.

Photo 4-3 不溶解性残渣の外観

A view of undissolved residue.

Figure list

- Fig. 3-1 燃料集合体の炉内配置
In-reactor location of subassembly.
- Fig. 3-2 燃料集合体中の燃料ピン位置
Arrangement of fuel pins in subassembly
- Fig. 4-1 第4回ホット試験フロー
Flow sheet of the 4th recycle hot test.
- Fig. 4-2 剪断・溶解時のオフガス処理系統及び分析系統図
Flow diagram of off-gas treatment and analysis for shearing and dissolution.
- Fig. 4-3 剪断時の⁸⁵Krガスのモニタリング
Monitoring of ⁸⁵Kr gas in shearing.
- Fig. 4-4 剪断時のオフガス放出のモニタリング (Q-マス)
Monitoring of released off-gases in shearing (Q-mass).
- Fig. 4-5 溶解中のU, Pu及び硝酸の濃度プロファイル (4-1 run)
} Concentration profiles of U, Pu and HNO₃ in dissolved solution (4-1 run).
- Fig. 4-8 " " " (4-4 run).
- Fig. 4-9 溶解液中のγ-核種濃度プロファイル
} Concentration profiles of γ-nuclides in dissolved solution (4-1 run).
- Fig. 4-12 " " " (4-4 run).
- Fig. 4-13 U, Puの溶解率及びKrガスの放出率
} Dissolution rate of U and Pu, and Kr gas released (4-1 run).
- Fig. 4-16 " " " (4-4 run).
- Fig. 4-17 溶解槽内の硝酸量
} Amount of nitric acid in the dissolver (4-1 run).
- Fig. 4-20 " " " (4-4 run).
- Fig. 4-21 溶解槽液中のPuの原子価
Pu valency in the dissolver solution.
- Fig. 4-22 Puの原子価移行
Transition of Pu varancy.
- Fig. 4-23 溶解液密度の変化
Variations of solution density.

- Fig. 4-24 溶解時の ^{85}Kr ガスのモニタリング
{ Monitoring of ^{85}Kr gas in the dissolution (4-1 run).
Fig. 4-27 " " (4-4 run).
- Fig. 4-28 NO_x ガスのモニタリング
{ Monitoring of NO_x gas (4-1 run).
Fig. 4-31 " " (4-4 run).
- Fig. 4-32 不溶解性残渣回収フロー
Flow diagram for the recovery of undissolved residue.
- Fig. 4-33 フィルタの γ -スペクトル (上)
 γ -spectrum of filter-paper (Top).
Fig. 4-34 " (Center).
Fig. 4-35 " (Bottom).
- Fig. 4-36 残渣洗浄液中の Pu 溶出量
Pu elution volume in the rinsing solution of residue
(3 M HNO_3 , room temp).
- Fig. 4-37 残渣洗浄液中の γ -核種の溶出量
Elution volume of γ -nuclides in the rinsing solution of residue
(3 M HNO_3 , room temp).
- Fig. 4-38 残渣洗浄液中の γ -核種の割合
Proportions of γ -nuclides in the rinsing solution of residue
(3 M HNO_3 , room temp).
- Fig. 4-39 ハルの γ -スペクトル
 γ -spectrums of hulls.

目 次

1. ま え が き	1
2. 試験工程実績及び試験従事者	1
3. 対 象 燃 料	1
4. 試験の方法と結果	1
4.1 剪 断	2
4.1.1 方 法	2
4.1.2 結 果	2
4.2 溶 解	2
4.2.1 方 法	2
4.2.2 結 果	3
4.3 清澄及び不溶解性残渣の回収	4
4.3.1 方 法	4
4.3.2 結 果	5
5. ま と め	5
6. 謝 辞	6

1. ま え が き

第4回ホット試験は、昭和59年4月2日から開始し、そのうちの溶解試験、不溶性残渣の常温洗浄及び給液調整を同年5月25日までに終了した。

今回の試験は、第3回試験と同様に燃焼度40,100 MWD/Tの燃料ピン4本を使用して溶解し、抽出などの試験を行ったが溶解槽に係る材料腐食の観点から溶解温度及び溶解酸濃度を前回試験よりも緩和した条件で実施した。

本報告書は、前記条件での溶解性及び不溶性残渣の発生量並びに性状に関して得られたデータを取りまとめたものである。

2. 試験工程実績及び試験従事者

第4回試験は4月2日の剪断を皮切りに約3ヶ月の予定で実施した。その内、溶解及び残渣常温洗浄は5月下旬に終了した。表2-1に実績表を示す。試験に従事した者12名、他に分析グループの9名である、表2-2に従事者名を示す。

3. 対 象 燃 料

今回使用した燃料は「常陽」MK-I炉心燃料4ピンで、それら燃料が組み込まれていた集合体はPPJX13である。炉内での集合体及び燃料ピンの各位置を図3-1と、図3-2に示す。

燃料ピンの仕様を表3-1に、また核分裂生成物の量を表3-2に示す。表3-3にはコア部及びブランケット部のPu、Uの同位体重量（計算値）を示す。

燃料製造履歴は表3-1に示したように機械混合後加圧成型し約1,700℃、2時間焼結したものである。

4. 試験方法及び結果

図4-1に第4回ホット試験（全体）のフローを示し、以下に試験方法及び結果を述べる。

4.1 剪 断

4.1.1 方 法

燃料ピンは下部端栓側から1片約3cmの長さに剪断し、1ピン溶解に適するよう1容器に1本分を収納した。

剪断作業で燃料ピンより放出されるオフガスは、NaI(Tl)を検出部とするKrモニタで⁸⁵Krを、またQマス（四重極質量分析装置）で質量数/価数が2から245のガスの質量分析を行った。図4-2に前断オフガス系統図を示す。

剪断終了後に剪断片の観察と秤量を行った。

4.2.1 結 果

(1) オフガスの分析結果

燃料ピン中のオフガスは、前回（第1回～第3回）の試験時と同様パターンで放出され、剪断開始10分で剪断時の全放出量の80%以上が放出している。図4-3に剪断時のKrモニタの測定例を示す。また図4-4にQマスで分析したスペクトルを示す。これらのスペクトルはオフガス放出量が最大となった時にサンプリングを行い分析したものである。検出されたガス成分は、プレナム充填ガスのHe、FPガスであるKr（質量数83, 84, 85, 86）、Xe（131, 132, 134, 136）であった。

(2) 剪断片の観察

剪断片は充分な開口を有し、その内部の燃料は黒褐色で小塊状の燃料が口付近に認められた。写真4-1にその剪断片外観を示す。

(3) 剪断片の重量

各燃料ピン毎の剪断片重量を表4-1に示す。同表に溶解後乾燥したハルの重量も併記して示す。

4.2 溶 解

溶解はあらかじめ剪断燃料片入り容器（バスケット）を装荷しておき、硝酸を注入した。その後電気ヒーターにより約1時間で所定温度（90, 80, 70℃）に昇温し約9時間保持した。その過程で各元素の溶解、FPガス放出状況の測定等を行った。

4.2.1 方 法

溶解試験条件を表4-2に示す。溶解硝酸濃度は初期で3.5Mと2.5Mである。液量は溶解終了時（約1.8mol/l）に濃度条件が合うよう3.5M-2lに対して2.5M-4lとした。反応中、1時間毎にサンプリングを行いU、Pu、HNO₃、FP及び密度の測定を実施した。

溶解槽オフガス系統については還流方式とし、反応中に生じた凝縮性成分を凝縮させて溶解槽に

戻した。またKr-85についてはKr モニタで連続測定を行った。図4-2に剪断工程と併せてオフガス系統図を示す。

4.2.2 結果

今回の試験において燃料はほぼ完全に溶解している。なお今回の結果に示す図、表等の試験名称は、便宜上90℃-3.5M, 80℃-3.5M, 70℃-3.5M, 90℃-2.5Mを各々4-1, 4-2, 4-3, 4-4ランとして表わしている。

1) ハル及び燃料重量

溶解終了後ハルを取出して秤量を行い、それと剪断時の重量から燃料重量を求めたものを表4-1に示す。参考として製造時の燃料重量も示してある。

2) 溶解液

溶解1時間毎に採取したサンプルについて主要成分であるU, Pu, 硝酸, FPsなどの分析を行った。結果を以下に示す。

① 溶解中のU, Pu及び硝酸濃度

表4-3に分析値であるU, Pu及び硝酸の濃度を、図4-5~4-8にグラフ化したものを示す。

② 溶解液中のFP濃度

表4-4に分析値であるFP(主要γ-核種)の濃度を、図4-9~4-12にグラフ化したものを示す。

③ U及びPuの溶解率

表4-5に次式により求めたU, Puの溶解率を、図4-13~4-16にグラフ化したものを示す。同図にはKrガスの放出状況を表わす4重極質量分析装置での測定結果も示す。

$$\text{溶解率(\%)} = \frac{(\text{Pu 濃度}) \times (\text{溶解液量}) + \sum (\text{サンプル量} \times \text{Pu 濃度})}{[\text{初期 Pu 量}]} \times 100$$

Pu 濃度：分析値

溶解液量：監視計器指示値を密度測定値で補正

サンプリング量：分析のためのサンプリング量

* サンプリング量については累積値

④ 溶解槽内の硝酸量

表4-6, 図4-17~4-20に槽内の硝酸の状況を表わす系内硝酸量を示す。

⑤ 溶解液中Puの酸化

表4-7, 図4-21にPu酸化の状況を表わす溶解槽内のPu(VI)量(Pu⁶⁺/Total Pu)を示す。また同じ溶解液中のPu(VI)が抽出工程に係る間、Pu(IV)に還元される様子を表わすPu

原子価移行を図4-22に示す。

⑥ 密度

液密度の変化を表4-8及び図4-23に示す。

3) 溶解槽オフガス

各溶解試験時KrモニタによるKr-85の測定結果を図4-24～27に示す。なお4-1ラン時の図中(4-24)に異常なピークがみられるのは、溶解開始時に攪拌空気の供給が遅れて槽内に溜っていたガスが一気に流れたことによるものである。

表4-9は前剪、溶解時のKr-85の放出量を示すもので、第3回試験(溶解温度、沸点、 HNO_3 濃度3.6M)と比較して示す。

一方4重極質量分析装置(Qマス)でもオフガスを測定している。ガス成分はKr, NO_x で、Krについては図-13～14に示してある。また NO_x のスペクトルは図4-28～4-31に示す。

4.3 清澄及び不溶解性残渣の回収

溶解終了後の溶解液は沈降槽に移し替えて不溶解性残渣を沈降させたのち抜き出し、3M硝酸で数回の常温洗浄を行った。その後自然乾燥し残渣を回収した。沈降槽の上澄み液は多段式濾過器で濾過を行い浮遊性の残渣を取り除き次工程である調整槽に送った。

溶解槽及びハルは0.2Mの硝酸で沸騰洗浄を行った。

4.3.1 方法

1) 清澄濾過

溶解液は沈降槽で清澄を行い、上澄み液を孔径1, 0.6, 0.5 μm のガラス繊維フィルタを組合せた多段式濾過器で濾過を行った。濾過液は次工程へ、濾過後のフィルタは乾燥後回収してフィルタ上の γ -核種について分析を行った。

2) 不溶解性残渣の回収

沈降槽内の残渣は、希硝酸で数回前洗浄を行ったのちに別容器に回収した。別容器中の残渣は3モル硝酸で4～6回、常温で洗浄を繰返し除染後セル内で自然乾燥させてから回収した。残渣回収のフローを図4-32に示す。回収した残渣はセル内天秤で秤量した。

残渣洗浄時の液はその都度サンプリングし、液中に溶出あるいは残存するU及びPuの量並びに溶出した γ -核種の分析を行った。

3) 溶解槽の洗浄

溶解液移送後の溶解槽(ハル入り)は0.2M硝酸を2～4 ℓ 注入して沸騰温度で各々2回洗浄を行った。

洗浄液はサンプリングしたのち沈降槽へ送り次工程へ、サンプリング液は残存U, Pu及びFP

濃度の確認のために分析を行った。

洗浄後のハルは溶解槽より取出して、セル内で自然乾燥させたのち重量測定、 γ -核種の分析等を行った。

4.3.2 結果

1) 清澄・汙過

清澄汙過は各ラン共通の汙過器を使用した。

写真4-2にフィルタ外観を示す。

フィルタの分析結果は表4-10に示す。また同フィルタの γ -スペクトルを図4-33~4-35に示す。

2) 不溶性残渣の回収

回収した残渣の重量は表4-11に示すように4本分で約3gであった。写真4-3に4-1ランの不溶性残渣を示す。各ラン毎の残渣洗浄液の分析結果を表4-12に示す。また図4-36に溶解から洗浄までの日数に伴うPu溶出量の変化を示すグラフを、同様に γ -核種についてのものを図4-37に示す。

図4-38には残渣洗浄液中の γ -核種の割合を表わすグラフを示す。

残渣の成分分析と、残渣に余裕がある場合に実施する加熱洗浄等は後日に予定している。

3) 溶解槽の洗浄

溶解槽洗浄液の分析結果を表4-13に示す。

ハルの重量は前述の表4-2に示してある。またハルの γ -核種分析結果を表4-14、スペクトル図を図4-39に示す。

5. ま と め

第4ホット試験の剪断、溶解の結果を以下にまとめて示す。

- 1) 剪断時に検出された ^{85}Kr は4ピン合計で約1,760 mCiで、第3回試験の結果とほぼ同じ値である。
- 2) 剪断片の切り口は通算12本目のもので十分な開口を有していた。
- 3) 硝酸初期濃度を3.5 M、2.5 Mで行い終了時1.85 Mを目標としたが、4-2ラン(80°C)は硝酸供給系内に残っていた低酸濃度液で薄まり3.1 Mで溶解し、終了時は1.6 Mであった。他は溶解開始時3.4 M、終了時2 Mと溶解開始時2.4 Mの終了時1.7 Mであった。
- 4) 溶解は溶解温度90°C、硝酸濃度3.5 Mの条件では加熱開始後4~5時で終了しており、80°C-

3.5 Mでは8～9時間、70℃～3.5 Mで約10時間かかりほぼ終了している。また90℃～2.5 Mではウランの溶解が多少遅いものの6～7時間で終了している。これらは⁸⁵Krガス及び他のFPガスの放出状況、溶解液中のU、Pu及び硝酸濃度、液密度測定等から推測できる。

- 5) 加熱開始後2～5時間でプルトニウム（6価）が生成し始めた。ただし70℃～3.5 Mでは検出されなかった。
- 6) 常温・3 M硝酸洗浄によって回収した不溶性残渣の量は4ピン合計で3.1 g、これはコア部燃料に対して約0.5 w/oである。
- 7) 不溶性残渣洗浄液中のU、Puの量は、90℃～3.5 Mではコア部U（メタル）量の0.027%とコア部Pu量の0.079%で、80℃～3.5 Mではそれぞれ0.101%U、0.398%Pu、70℃～3.5 Mでは0.141%U、0.24%Pu。90℃～2.5 Mでは0.012%U、0.085%Puが溶出していた。

6. 謝 辞

第4回ホット試験はその試験目的を達成して予定期間内で終了した。これはCPR内他グループと更には分析担当の技術部分析技術開発室、放射線管理担当の放射線管理第1課並びに施設保守運転担当の技術管理課の方々の協力によるところが多く改めてお礼申し上げます。また本試験を支援、協力をいただいた本社核燃部、再処理工場、大洗工学センター、その他の関係各位に感謝申し上げます。

Table 2-1 Schedule and result of hot test

分類番号		年月日																										発行元											
名称		場所																										CPR試・1グループ											
第4回ホット試験(剪断・溶解工程)		CPF-A 係列																										部長	室長	主査	作成								
No	項目	4月														5月																							
		2	3	4	5	6	9	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20	23	24	25	26	27	28	1	2	7	8	9	10	11	14	15	16	17					
1	燃料ピン剪断	2本(0419, 0415)																						2本(2014, 0417)															
2	バスケット装荷	2本(0419, 0415)																						2本(2014, 0417)															
3	溶解	90°C-3M (0419)																						70°C (2014)								90°C-2.5M (0417)							
4	液移送及び自然沈降	約20cc																						約20cc								約20cc							
5	多段濾過及び液移送	(洗I)(洗II)																						(I)(II)								(I)(II)							
6	溶解槽洗浄及び液移送並びに自然沈降	(洗I)(洗II)																						(I)(II)								(I)(II)							
7	多段濾過及び液移送	(洗I)(洗II)																						(I)(II)								(I)(II)							
8	溶解液蒸発濃縮																																						
9	残渣沈降状態観察																																						
10	残渣洗浄(常温)																																	加熱洗浄					
11	ハル取出し乾燥																																						
配付先	控																																						
		凡例 □ : 2本(0419, ...) ; () は下部端栓番号 ■ : 直勤務(1, 2, 3, 1) ▨ : 実績																																					

Table 2-2 Names of employees of hot test

試験 I グループ

大	内	仁
堀	井	信一
橋	本	力雄
田	中	幸一
出	光	一哉
算	用	子裕
大	西	清孝
安		聡宏
木	村	通*
加	藤	誠*
佐	藤	学*
藍		寛信****

分析グループ

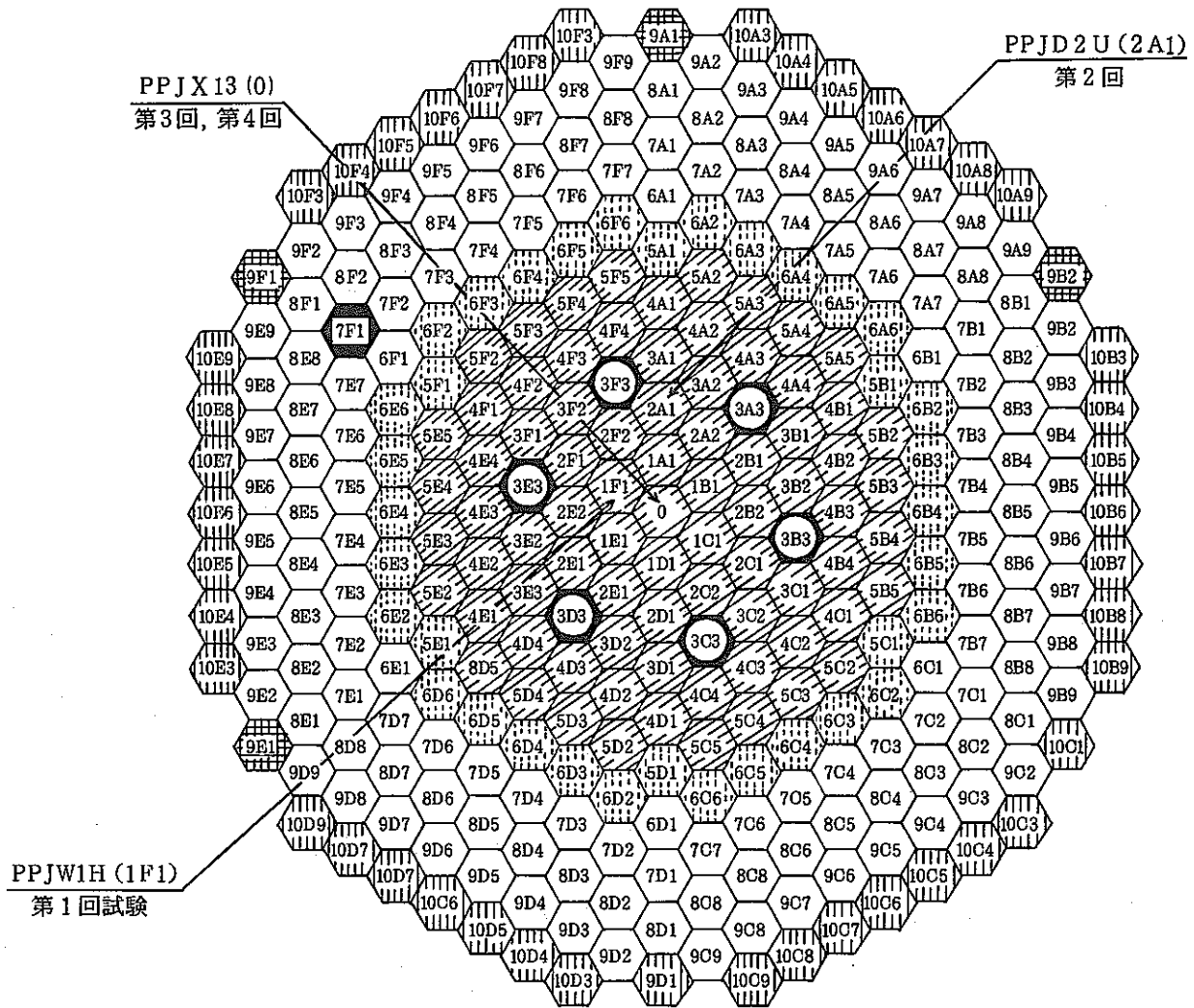
園	部	次	男
加	藤	木	賢
和	田	光	二
大	内	隆	雄
鈴	木	弘	之
石	井	清	登
鈴	木	真	司*
柴		正	憲**
川	崎		諭*

* 検査開発 K.K

** 原子力技術 K.K

*** 日本原燃サービス

炉内照射位置



構成要素種類	装 荷 位 置
炉心燃料集合体	
制 御 棒	
半径方向ブランケット集合体	
中性子源	
反 射 体	
サーベイランステストリブ (反射体位置用)	

高速実験炉炉心マトリックス

Fig.3-1 In-reactor location of subassembly

燃料集合体番号 PPJX13

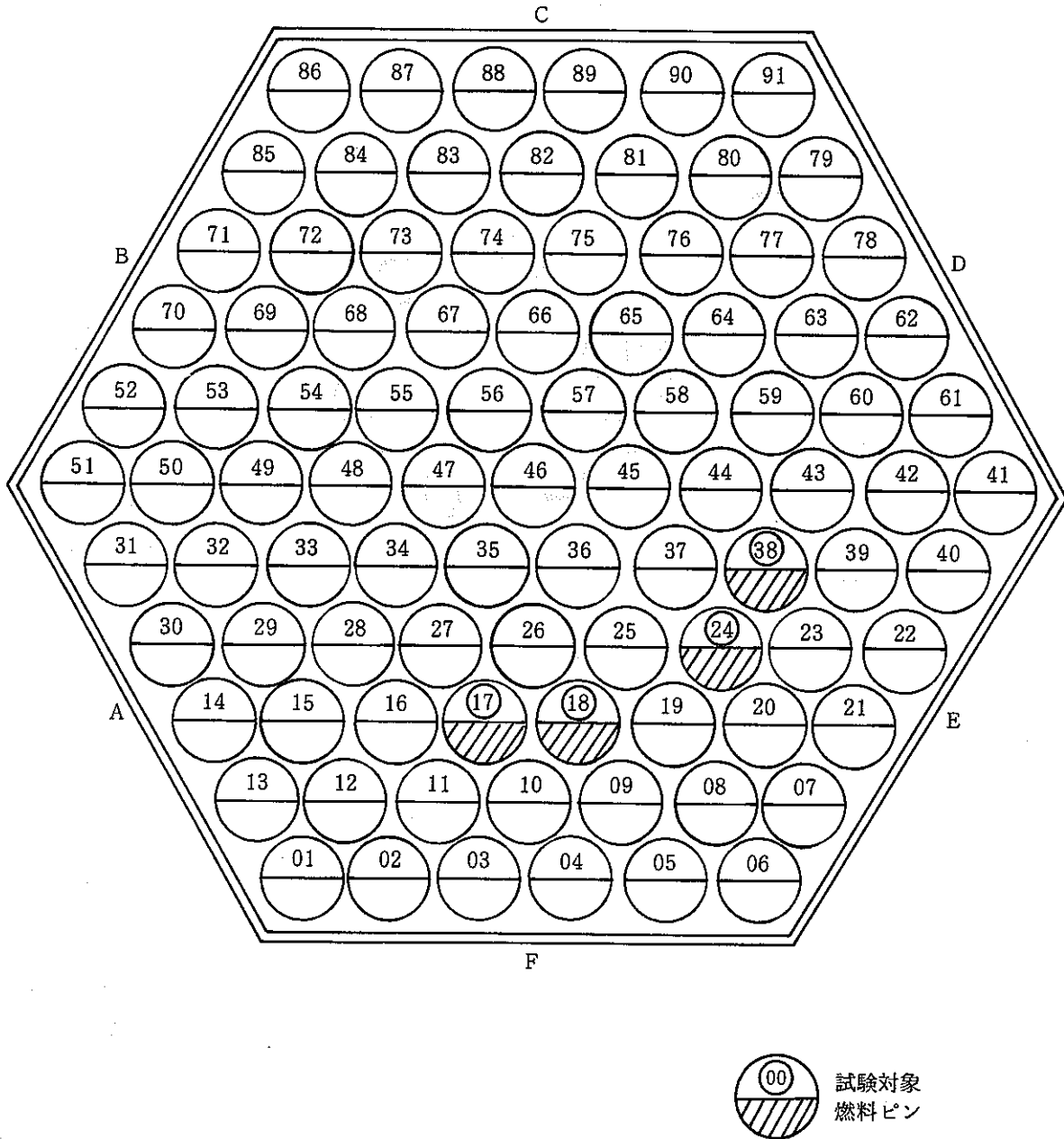


Fig. 3-2 Arrangement of pins in subassembly

Table 3-1 Specification of fuel pins

項目	仕様		備考
集合体 No.	P P J X 1 3		
ピン数 (要素 No.)	4 ピン (0415, 0417, 0419, 2014)		
燃 焼 度	4 0, 1 0 0 MWD / T		
核物質質量	1,149.0 (g)	Pu 89.0 (g)	
		EU 400.0 (g)	
		DU 660.0 (g)	
放 射 能	約 7 0 0 Ci		
冷却日数	8 3 0 日		溶解時
炉停止日	昭和 5 6 年 1 2 月 2 4 日		
そ の 他	ペレットデーター 混合時間(機械混合) ; 7 ~ 8 hr 成形圧 ; 3.6 ~ 4 焼結温度 ; 1,660 ~ 1,710 °C 焼結時間 ; 2 焼結雰囲気 ; 5% H 95% N 焼結密度 ; 93.05 ~ 93.97 PuO ₂ 富化度 ; 17.7 % O/M 比 ; 1.98		

Table 3-2 Elemental constituents in fuel pins

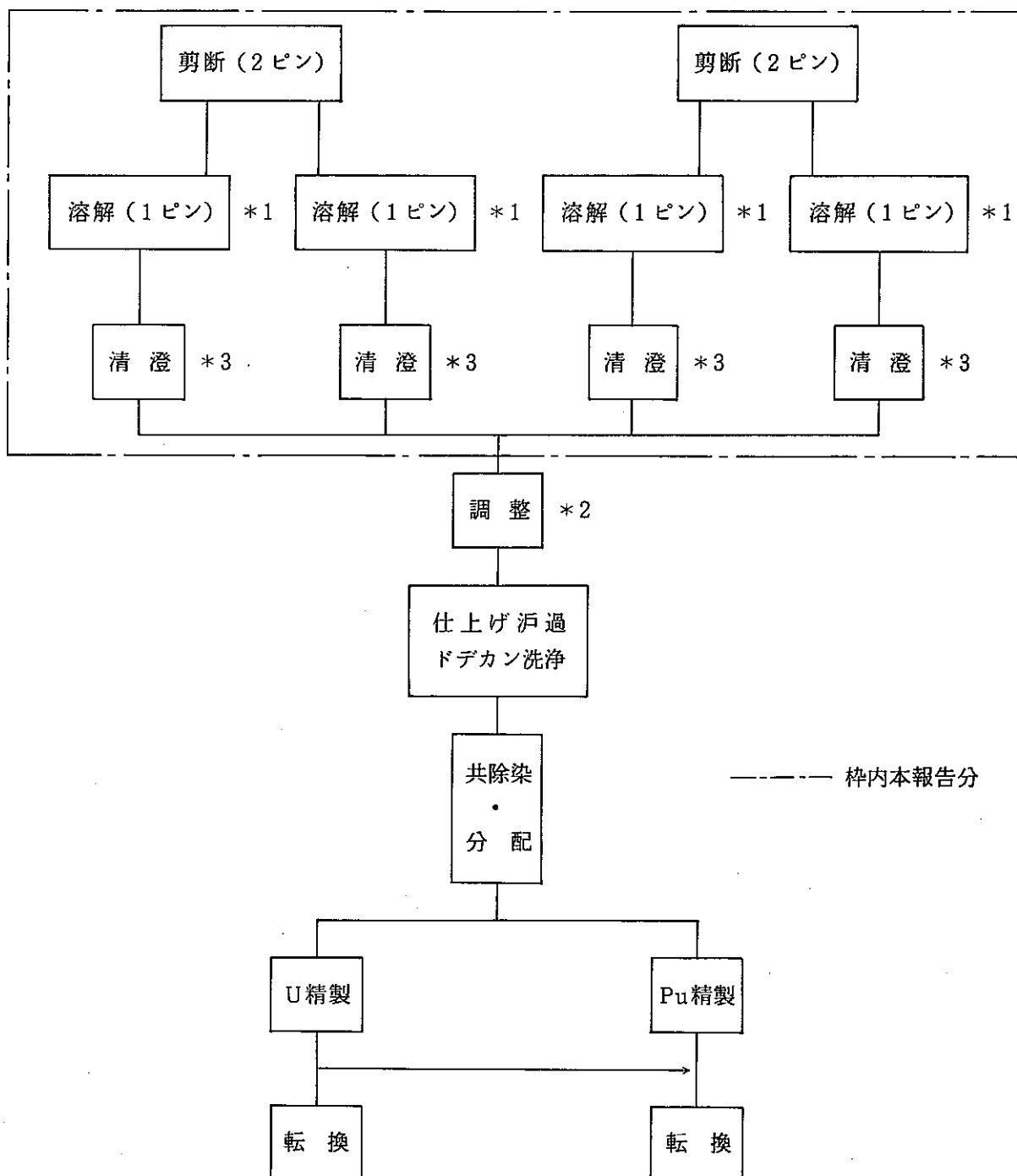
40,100 MWD/T
2.27y cooling ORIGEN

ELEMENT	g/pin	NUCLIDE	Ci/pin
H	1.18×10^{-5}	H - 3	1.15×10^{-1}
Ge	1.96×10^{-4}		
As	5.56×10^{-5}		
Se	8.51×10^{-3}		
Br	3.12×10^{-3}		
Kr	5.65×10^{-2}		
Rb	5.30×10^{-2}	Sr - 89	3.23×10^{-3}
Sr	1.29×10^{-1}	Sr - 90	1.07×10
Y	6.87×10^{-2}	Y - 90	1.07×10
Zr	5.36×10^{-1}	Y - 91	1.37×10^{-2}
Nb	3.24×10^{-6}	Zr - 95	4.96×10^{-2}
Mo	5.23×10^{-1}	Nb - 95	1.07×10^{-1}
Tc	1.30×10^{-1}	Tc - 99	2.21×10^{-3}
Ru	3.67×10^{-1}	Ru - 103	1.61×10^{-4}
Rh	1.13×10^{-1}	Ru - 106	1.75×10
Pd	1.86×10^{-1}	Rh - 103M	1.61×10^{-4}
Ag	1.81×10^{-2}	Rh - 106	1.75×10
Cd	1.18×10^{-2}	Ag - 110	6.37×10^{-2}
In	1.26×10^{-3}		
Sn	1.39×10^{-2}	Sn - 123	1.74×10^{-2}
Sb	4.39×10^{-3}	Sb - 125	1.45×10
Te	8.44×10^{-2}	Te - 125M	3.55×10^{-1}
I	4.64×10^{-2}	Te - 127	1.65×10^{-2}
Xe	6.76×10^{-1}	Te - 127M	1.68×10^{-2}
Cs	5.84×10^{-1}	Cs - 134	6.10×10^{-1}
Ba	2.21×10^{-1}	Cs - 137	1.56×10
La	1.92×10^{-1}		
Ce	3.61×10^{-1}	Ce - 144	2.44×10
Pr	1.85×10^{-1}	Pr - 144	2.44×10
Nd	6.04×10^{-1}	Pr - 144M	2.92×10^{-1}
Pm	2.92×10^{-2}	Pm - 147	2.70×10
Sm	1.31×10^{-1}	Sm - 151	5.07×10^{-1}
Eu	1.34×10^{-2}	Eu - 154	7.09×10^{-2}
Gd	8.09×10^{-3}	Eu - 155	1.24
Tb	6.31×10^{-4}		
Dy	3.56×10^{-4}		
Ho	1.39×10^{-5}		
Er	3.00×10^{-6}		
Total	5.36	Total	1.69×10^2

Table 3-3 Composition of Uranium and Plutonium in 4 pins (4th run)

Calculation by ORIGEN

	NUCUDE	BEFCR IRRADIATION (g)	AFTER IRRADIATION (g)
CORE	U - 234	—	—
	U - 235	94.3	81.7
	U - 236	—	2.325
	U - 238	315.8	310.0
BLANKET	U - 234	—	—
	U - 235	1.3	1.24
	U - 236	—	0.22
	U - 238	662.7	657.2
CORE + BLANKET	U	1,074.1	1,052.5
CORE	Pu - 238	—	—
	Pu - 239	67.65	63.1
	Pu - 240	16.77	17.5
	Pu - 241	3.27	2.73
	Pu - 242	0.62	0.52
BLANKET	Pu - 238	—	—
	Pu - 239	—	3.75
	Pu - 240	—	0.040
	Pu - 241	—	—
	Pu - 242	—	—
CORE + BLANKET	Pu	88.31	87.64



ビーカー試験

- *1 溶解時のU, Pu, FPの分配係数の経時変化
- *2 飽和度, DBP濃度に対するU, Pu, FPの分配係数
- *3 残渣洗浄 (溶解率, 成分, 溶解性)

Fig. 4-1 Flow sheet of the 4th recycle hot test

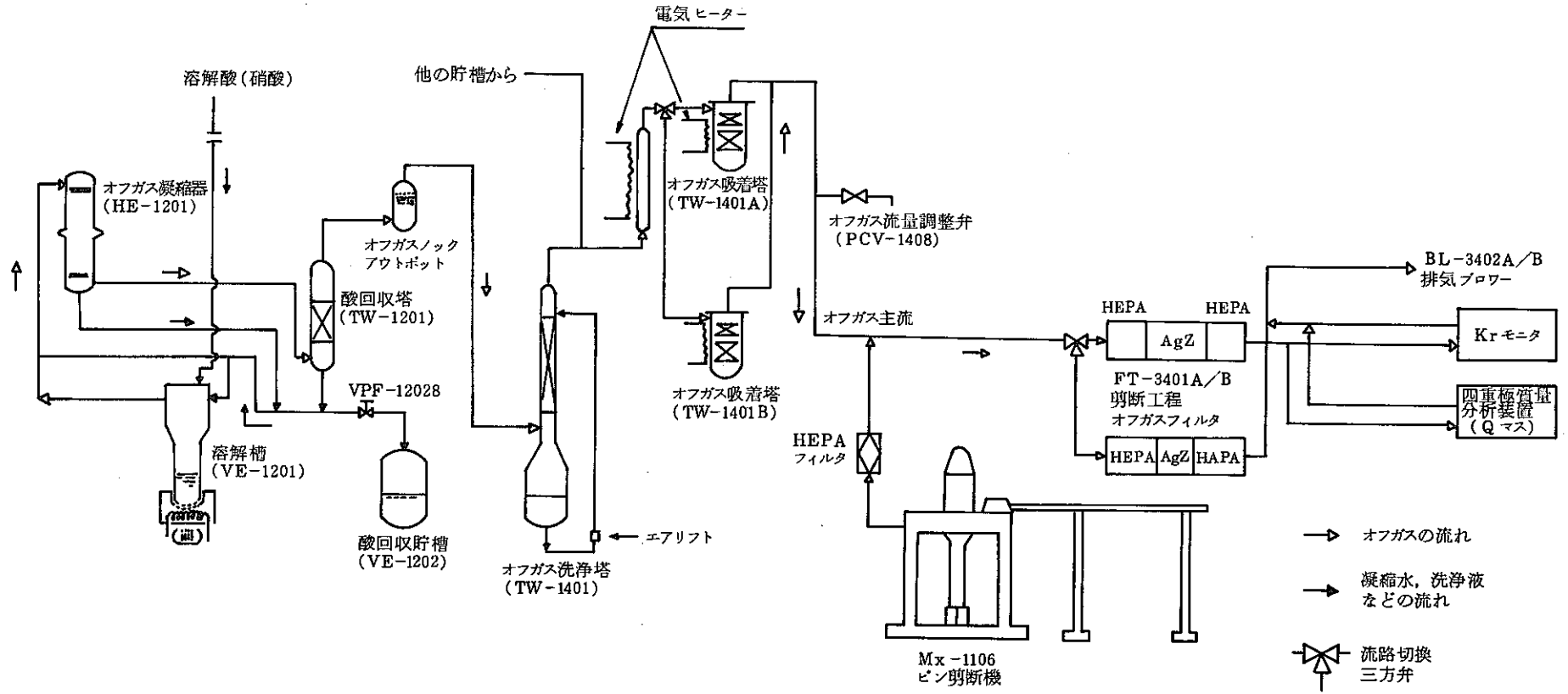


Fig. 4-2 Flow diagram of off-gas treatment and analysis for shearing and dissolution

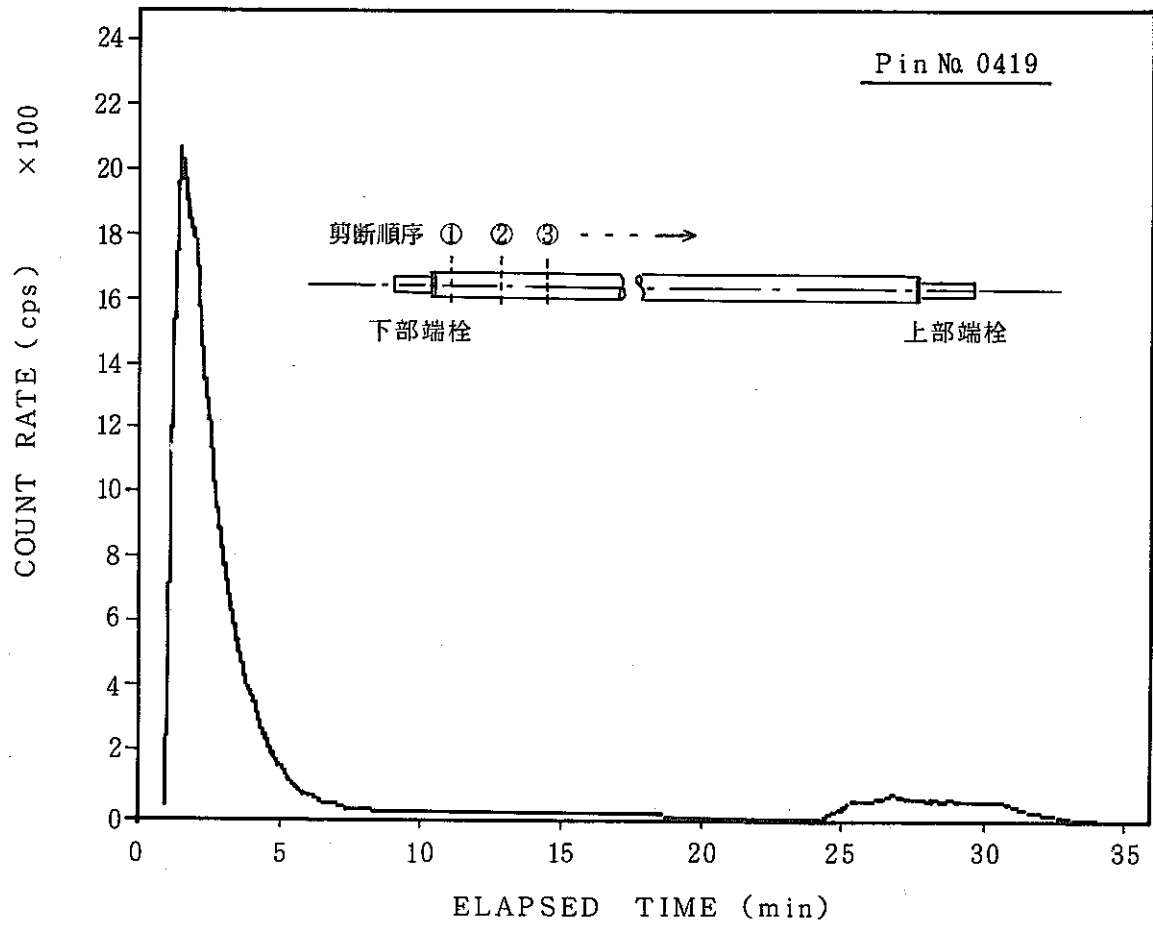


Fig. 4-3 Monitoring of ⁸⁵Kr gas in shearing

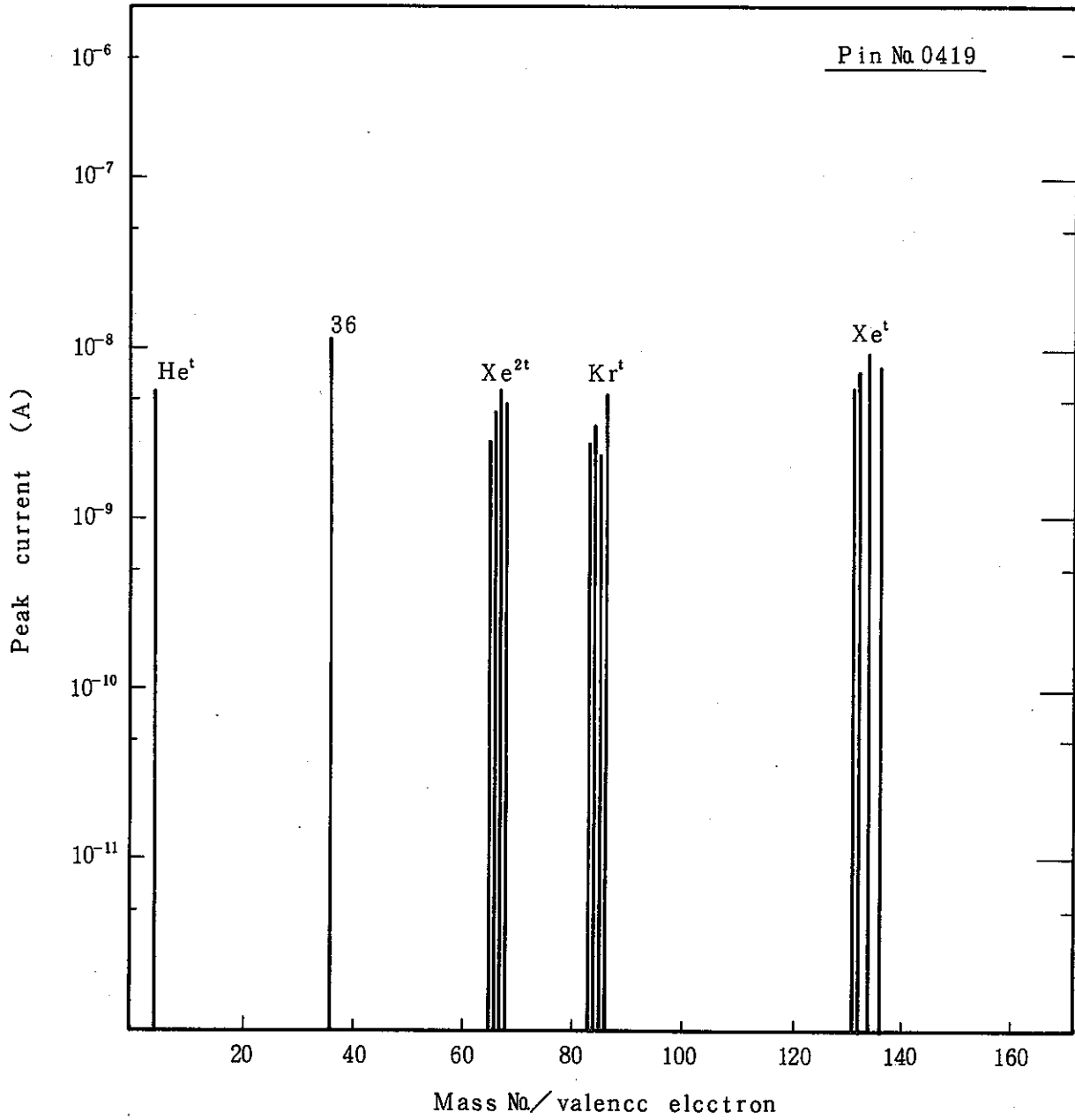


Fig. 4-4 Monitoring of released off-gases in shearing (Q-mass)

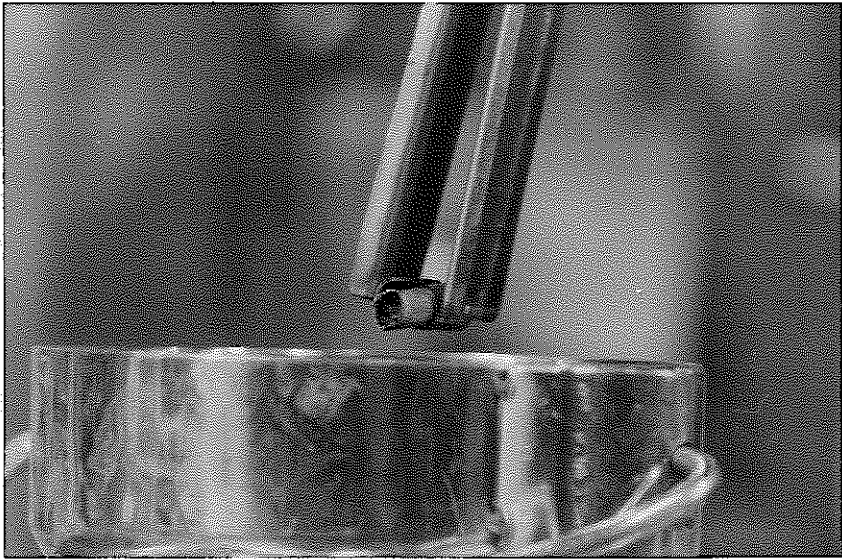


Photo. 4-1 Sheared piece

Table 4-1 Weights of hulls and fuels

項目 \ ピンNo.	0419 (90℃-3.5M)	0415 (80℃-3.5M)	2014 (70℃-3.5M)	0417 (90℃-2.5M)
剪断片重量 (g)	444.2	445.7	442.8	445.1
ハル重量 (g)	115.4	117.2	115.7	115.8
燃料重量 (g)* (溶解)	328.8	328.5	327.1	329.3
製造時の燃料重量** (参考)	329.51	329.88	328.78	329.67

* 計算値で、剪断片重量からハル重量を差引いた値。

** 製造時の燃料重量；MOX+ブランケットUO₂重量。

Table 4-2 Conditions of dissolution test

項目	条件				備考
試験日	4/3	4/11	4/23	5/8	
硝酸濃度	3.5 M			2.5 M	
液量	2 l			4 l	
温度	90 °C	80 °C	70 °C	90 °C	±2 °C
温度保持 の目安	1.6 V 5.76 A 584 °C	1.32 V 4.0 A 471 °C	1.12 V 2.7 A 353 °C	2.00 V 6.4 A 632 °C	定常出力 電流 エレメント温度
保持時間	Kr モニタ, 密度監視で決定				
溶解終了 点の目安	密度 1.2~1.26 g/cm ³ Kr モニタ 0.3~0.4 cps				密度ほぼ一定 バックグラウンド
測定対象	Pu 濃度 (0~11 g/l) U 濃度 (0~134 g/l) 硝酸濃度 (3.5~1.7 M) Pu(VI) 濃度 (0~6 g/l) FP 濃度 (0~85 Ci/l) Kr 85 等 FP ガス 密度				

Table 4-3 Concentrations of U, Pu and HNO₃ in dissolved solution

試験名/経過時間	項目	U (g/l)	Pu (g/l)	HNO ₃ (mol/l)
4-1 (90°C - 3.5M)	0	0.44	0.00	3.36
	1	30.30	2.11	3.02
	2	97.70	8.32	2.46
	3	130.50	10.76	2.14
	4	139.30	11.11	2.03
	5	149.60	11.77	1.99
	6	145.80	11.98	2.04
	7	149.80	12.11	2.00
	8	150.50	12.30	2.04
	9	—	—	—
	10	153.10	12.29	2.02
4-2 (80°C)	0	0.00	0.00	3.10
	1	16.60	1.10	3.00
	2	66.00	5.39	2.56
	3	96.90	8.32	2.14
	4	122.30	10.38	1.91
	5	132.50	10.90	1.75
	6	135.80	11.87	1.73
	7	142.80	11.89	1.68
	8	150.40	12.11	1.63
	9	153.50	12.32	1.62
	10	152.80	12.53	1.60
4-3 (70°C)	0	0.00	0.00	3.35
	1	15.00	0.82	3.29
	2	49.00	3.70	3.01
	3	81.00	6.45	2.68
	4	102.00	8.49	2.38
	5	118.00	10.17	2.15
	6	127.00	10.87	2.09
	7	138.00	11.30	2.05
	8	144.00	11.57	1.98
	9	—	—	—
	10	154.00	12.29	1.97
4-4 (90°C - 2.5M)	0	0.52	0.00	2.36
	1	3.70	0.29	2.40
	2	24.60	1.91	2.23
	3	46.70	4.19	1.95
	4	60.00	5.40	1.79
	5	63.70	5.68	1.73
	6	65.90	5.87	1.71
	7	67.00	5.96	1.67
	8	73.10	5.87	1.65
	9	71.50	5.88	1.63
	10	73.10	5.89	1.68

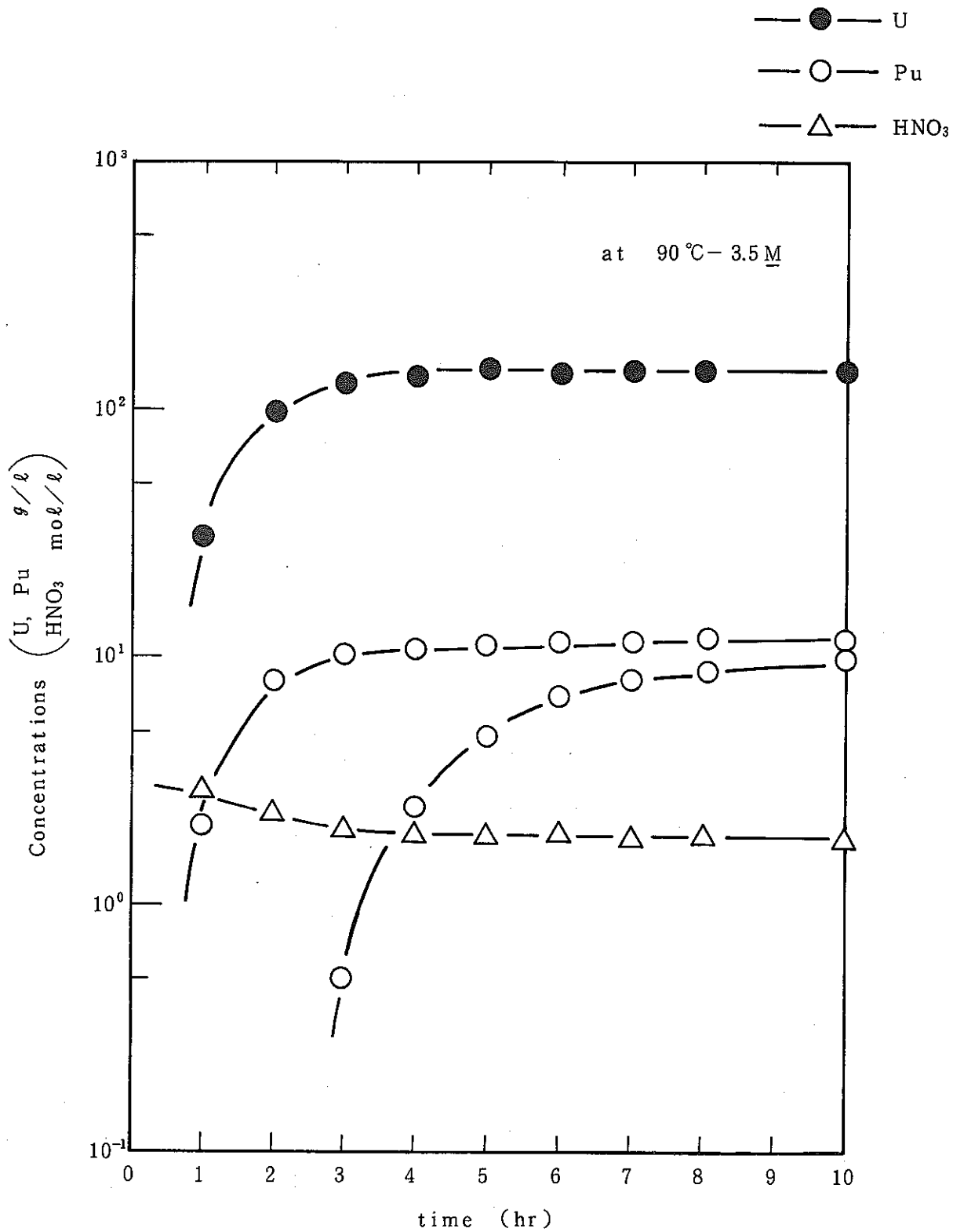


Fig. 4-5 Concentration profiles of U, Pu and HNO₃ in dissolved solution (4-1 run)

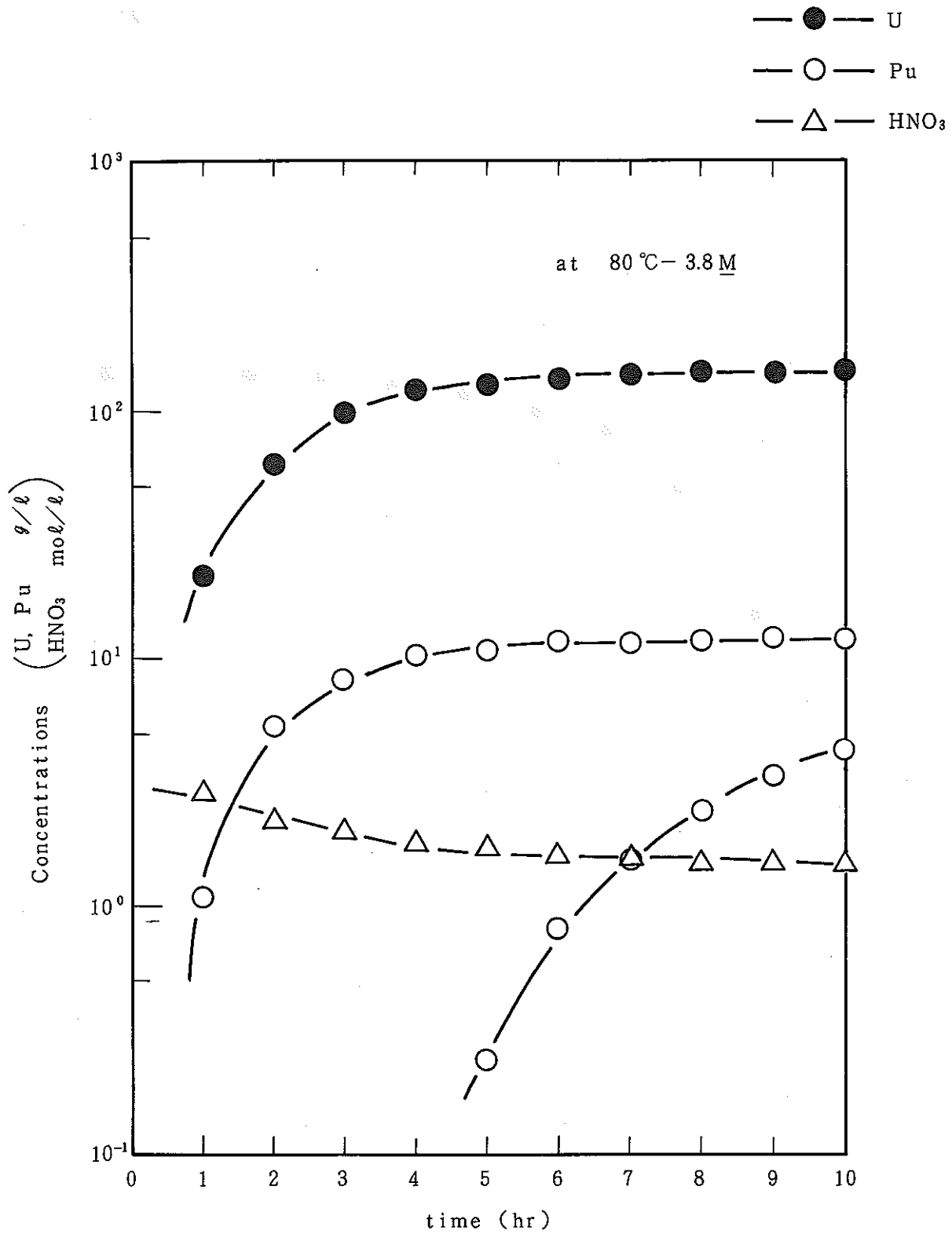


Fig. 4-6 Concentration profiles of U, Pu and HNO₃ in dissolved solution (4-2 run)

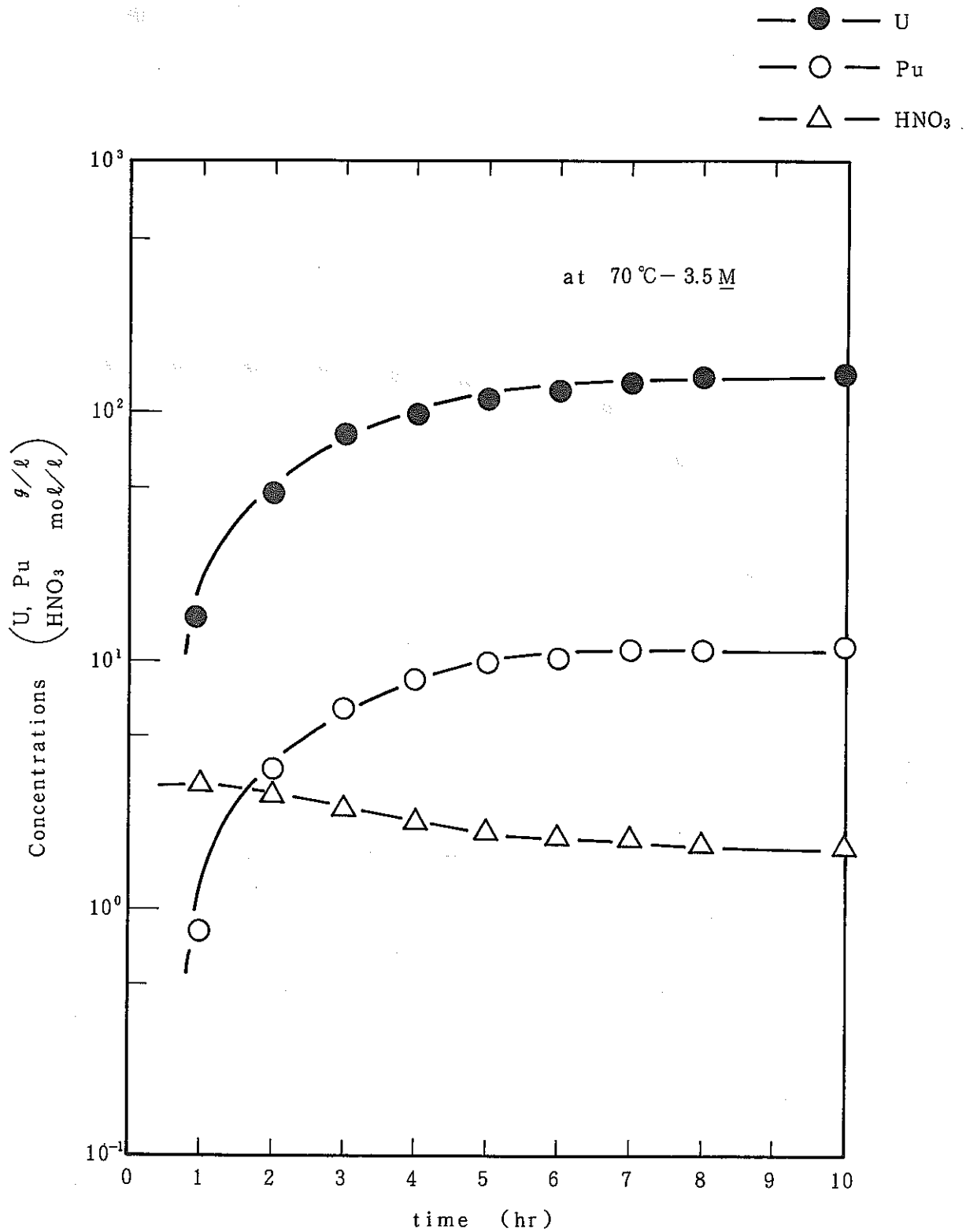


Fig. 4-7 Concentration profiles of U, Pu and HNO₃ in dissolved solution (4-3 run)

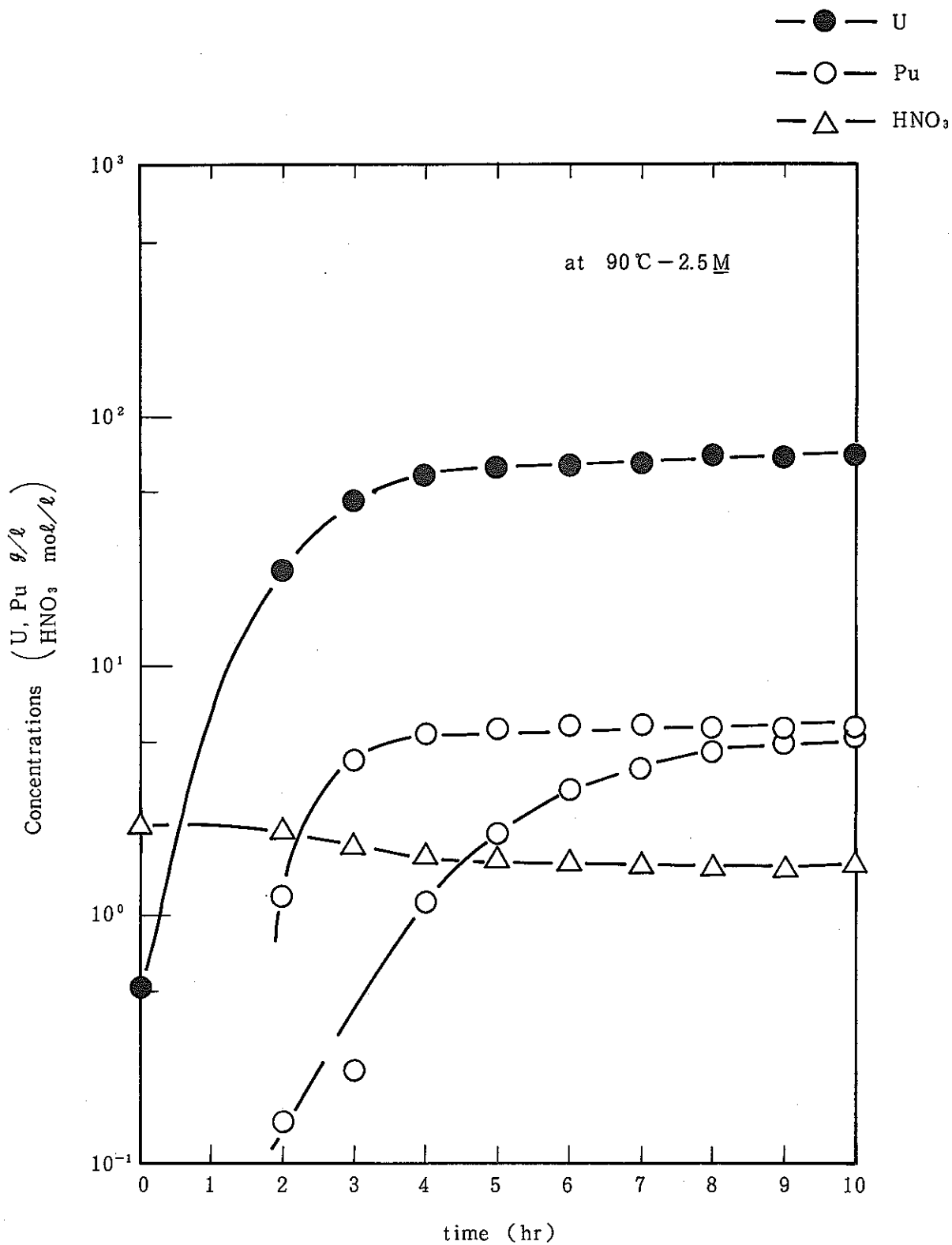


Fig.4-8 Concentration profiles of U, Pu and HNO₃ in dissolved solution (4-4 run)

Table 4-4(1) Concentrations of r-nuclides in dissolved solution

〔單位 mCi/ℓ〕

試験名/経過時間	核種	Zr ⁹⁵	Nb ⁹⁵	Ru ¹⁰⁶	Sb ¹²⁵	Cs ¹³⁴	Cs ¹³⁷	Ce ¹⁴⁴	Pr ¹⁴⁴	Eu ¹⁵⁴	Eu ¹⁵⁵	Total-r
4-1 (90°C-3.5M)	0	<1	<1	3.4	<1	1.9×10	2.5×10 ²	2.0×10	2.0×10	<1	<1	3.1×10 ²
	1	4.1	6.6	3.0×10 ²	1.2×10 ²	2.0×10 ²	3.1×10 ³	2.2×10 ³	2.2×10 ³	1.0×10	1.1×10 ²	8.3×10 ³
	2	1.0×10	1.9×10	1.3×10 ³	4.0×10 ²	4.4×10 ²	7.3×10 ³	7.5×10 ³	7.5×10 ³	4.4×10	3.6×10 ²	2.6×10 ⁴
	3	1.3×10	2.0×10	1.4×10 ³	4.2×10 ²	5.2×10 ²	8.6×10 ³	8.6×10 ³	8.6×10 ³	5.5×10	4.8×10 ²	2.8×10 ⁴
	4	1.6×10	2.0×10	1.5×10 ³	4.5×10 ²	5.2×10 ²	8.8×10 ³	8.9×10 ³	8.9×10 ³	6.1×10	4.6×10 ²	2.9×10 ⁴
	5	1.4×10	1.9×10	2.4×10 ³	4.0×10 ²	5.3×10 ²	8.7×10 ³	8.8×10 ³	8.8×10 ³	6.1×10	4.3×10 ²	3.0×10 ⁴
	6	1.8×10	1.9×10	1.7×10 ³	4.2×10 ²	5.4×10 ²	9.0×10 ³	9.0×10 ³	9.0×10 ³	5.2×10	4.6×10 ²	3.0×10 ⁴
	7	1.8×10	1.9×10	1.7×10 ³	4.3×10 ²	5.4×10 ²	9.0×10 ³	8.9×10 ³	8.9×10 ³	6.1×10	4.5×10 ²	3.0×10 ⁴
	8	2.1×10	2.0×10	1.8×10 ³	4.3×10 ²	5.4×10 ²	9.2×10 ³	9.0×10 ³	9.0×10 ³	5.9×10	5.0×10 ²	3.0×10 ⁴
	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	1.9×10	2.0×10	1.9×10 ³	4.2×10 ²	5.6×10 ²	9.2×10 ³	9.1×10 ³	9.1×10 ³	6.0×10	5.0×10 ²	3.1×10 ⁴	

試験名/経過時間	核種	Zr ⁹⁵	Nb ⁹⁵	Ru ¹⁰⁶	Sb ¹²⁵	Cs ¹³⁴	Cs ¹³⁷	Ce ¹⁴⁴	Pr ¹⁴⁴	Eu ¹⁵⁴	Eu ¹⁵⁵	Total-r
4-2 (80°C)	0	<1	<1	<1	<1	2.9×10	3.8×10 ²	3.8×10	3.8×10	<1	<1	4.9×10 ²
	1	2.3	3.2	1.4×10 ²	<1	1.3×10 ²	1.9×10 ³	9.7×10 ²	9.7×10 ²	6.0	4.1	4.2×10 ³
	2	8.1	1.2×10	7.3×10 ²	<1	3.3×10 ²	5.4×10 ³	4.8×10 ³	4.8×10 ³	2.4×10	2.1×10 ²	1.6×10 ⁴
	3	7.5	1.5×10	1.3×10 ³	3.0×10 ²	4.1×10 ²	6.9×10 ³	6.8×10 ³	6.8×10 ³	3.7×10	3.4×10 ²	2.3×10 ⁴
	4	1.1×10	1.5×10	1.1×10 ³	3.1×10 ²	4.7×10 ²	7.8×10 ³	7.8×10 ³	7.8×10 ³	4.9×10	3.9×10 ²	2.6×10 ⁴
	5	1.2×10	1.6×10	1.5×10 ³	3.5×10 ²	4.8×10 ²	8.2×10 ³	8.0×10 ³	8.0×10 ³	5.6×10	3.7×10 ²	2.7×10 ⁴
	6	1.4×10	1.4×10	1.2×10 ³	3.3×10 ²	4.9×10 ²	8.3×10 ³	8.2×10 ³	8.2×10 ³	5.8×10	4.5×10 ²	2.7×10 ⁴
	7	1.5×10	1.6×10	1.4×10 ³	3.2×10 ²	5.1×10 ²	8.6×10 ³	8.4×10 ³	8.4×10 ³	5.9×10	4.4×10 ²	2.8×10 ⁴
	8	1.3×10	1.6×10	1.4×10 ³	3.0×10 ²	5.2×10 ²	8.7×10 ³	8.4×10 ³	8.4×10 ³	6.4×10	4.2×10 ²	2.8×10 ⁴
	9	1.2×10	1.7×10	1.5×10 ³	3.3×10 ²	5.2×10 ²	8.9×10 ³	8.5×10 ³	8.5×10 ³	5.8×10	4.5×10 ²	2.8×10 ⁴
10	1.1×10	1.5×10	1.5×10 ³	3.3×10 ²	5.4×10 ²	9.1×10 ³	8.7×10 ³	8.7×10 ³	6.4×10	5.1×10 ²	2.9×10 ⁴	

Table 4-4(2) Concentrations of γ -nuclides in dissolved solution

〔単位 mCi/l〕

試験名/経過時間	核種	Zr ⁹⁵	Nb ⁹⁵	Ru ¹⁰⁶	Sb ¹²⁵	Cs ¹³⁴	Cs ¹³⁷	Ce ¹⁴⁴	Pr ¹⁴⁴	Eu ¹⁵⁴	Eu ¹⁵⁵	Total- γ
4-3 (70°C)	0	<1	<1	5.4	6.5	2.4×10^1	3.2×10^2	7.0×10^1	7.0×10^1	<1	<1	5.0×10^2
	1	<1	1.6	1.0×10^2	<1	1.2×10^2	1.9×10^3	8.1×10^2	8.1×10^2	<1	2.8×10^1	3.8×10^3
	2	5.9	7.0	3.6×10^2	1.6×10^2	2.7×10^2	4.4×10^3	3.2×10^3	3.2×10^3	1.4×10^1	1.6×10^2	1.2×10^4
	3	8.8	1.2×10^1	6.2×10^2	3.2×10^2	3.6×10^2	6.1×10^3	5.4×10^3	5.4×10^3	2.7×10^1	2.5×10^2	1.8×10^4
	4	1.2×10^1	1.5×10^1	8.5×10^2	3.8×10^2	4.3×10^2	7.3×10^3	6.9×10^3	6.9×10^3	3.3×10^1	3.7×10^2	2.3×10^4
	5	1.0×10^1	1.8×10^1	1.0×10^3	4.2×10^2	4.7×10^2	7.8×10^3	7.8×10^3	7.8×10^3	5.2×10^1	4.1×10^2	2.5×10^4
	6	1.0×10^1	1.8×10^1	1.5×10^3	4.3×10^2	4.9×10^2	8.4×10^3	8.1×10^3	8.1×10^3	5.6×10^1	4.4×10^2	2.7×10^4
	7	1.3×10^1	1.8×10^1	2.0×10^3	4.7×10^2	4.7×10^2	8.1×10^3	8.0×10^3	8.0×10^3	5.5×10^1	4.0×10^2	2.7×10^4
	8	1.3×10^1	1.8×10^1	1.2×10^3	4.5×10^2	5.0×10^2	8.5×10^3	8.0×10^3	8.0×10^3	5.3×10^1	4.7×10^2	2.7×10^4
	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	1.3×10^1	1.6×10^1	1.3×10^3	4.6×10^2	5.2×10^2	8.8×10^3	8.3×10^3	8.3×10^3	5.9×10^1	4.4×10^2	2.8×10^4	

試験名/経過時間	核種	Zr ⁹⁵	Nb ⁹⁵	Ru ¹⁰⁶	Sb ¹²⁵	Cs ¹³⁴	Cs ¹³⁷	Ce ¹⁴⁴	Pr ¹⁴⁴	Eu ¹⁵⁴	Eu ¹⁵⁵	Total- γ
4-4 (90°C-2.5M)	0	<1	<1	<1	<1	1.1×10^1	1.4×10^2	3.7×10^1	3.7×10^1	<1	<1	2.3×10^2
	1	<1	<1	1.7×10^1	1.1×10^1	4.0×10^1	6.0×10^2	1.9×10^2	1.9×10^2	<1	<1	1.0×10^3
	2	3.2	2.6	2.2×10^2	8.3×10^1	1.3×10^2	2.2×10^3	1.7×10^3	1.7×10^3	8.9	7.0×10^1	6.2×10^3
	3	4.8	4.9	5.2×10^2	1.3×10^2	2.0×10^2	3.3×10^3	3.6×10^3	3.6×10^3	1.6×10^1	1.5×10^2	1.1×10^4
	4	4.7	5.5	7.2×10^2	1.5×10^2	2.3×10^2	4.1×10^3	4.7×10^3	4.7×10^3	2.6×10^1	2.4×10^2	1.4×10^4
	5	4.9	5.3	6.9×10^2	1.5×10^2	2.4×10^2	4.1×10^3	4.7×10^3	4.7×10^3	2.7×10^1	2.5×10^2	1.5×10^4
	6	5.0	6.0	1.4×10^3	1.6×10^2	2.4×10^2	4.2×10^3	4.8×10^3	4.8×10^3	2.6×10^1	2.3×10^2	1.6×10^4
	7	5.2	6.2	1.2×10^3	1.4×10^2	2.4×10^2	4.2×10^3	4.7×10^3	4.7×10^3	2.8×10^1	2.4×10^2	1.5×10^4
	8	5.4	6.0	1.0×10^3	1.5×10^2	2.4×10^2	4.2×10^3	4.8×10^3	4.8×10^3	2.6×10^1	2.6×10^2	1.5×10^4
	9	5.0	5.5	8.2×10^2	1.4×10^2	2.5×10^2	4.2×10^3	4.8×10^3	4.8×10^3	2.8×10^1	2.6×10^2	1.5×10^4
10	2.8	5.3	7.8×10^2	1.3×10^2	2.5×10^2	4.2×10^3	4.8×10^3	4.8×10^3	2.5×10^1	2.7×10^2	1.5×10^4	

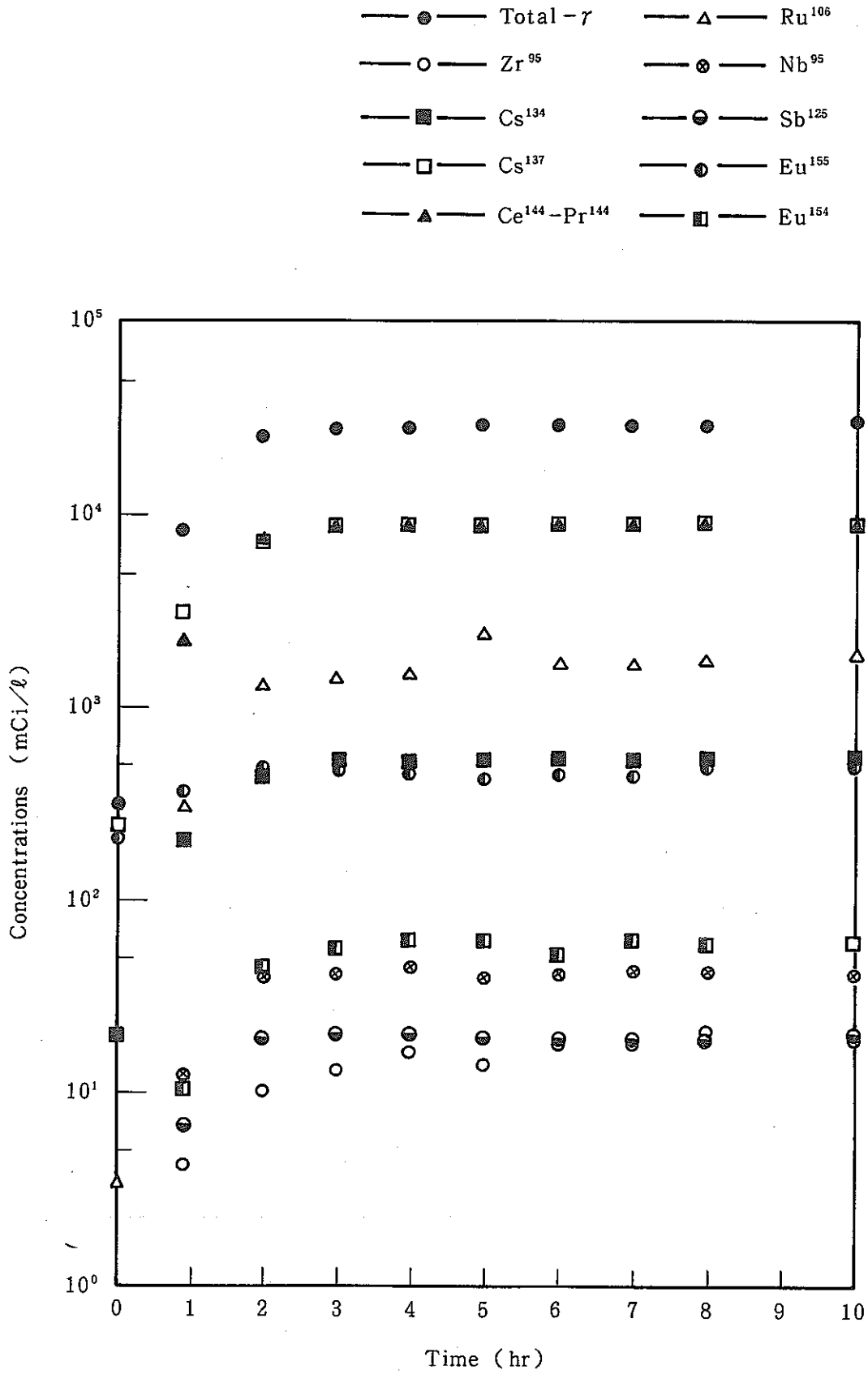


Fig.4-9 Concentration profiles of γ -nuclides in dissolved solution (4-1 run)

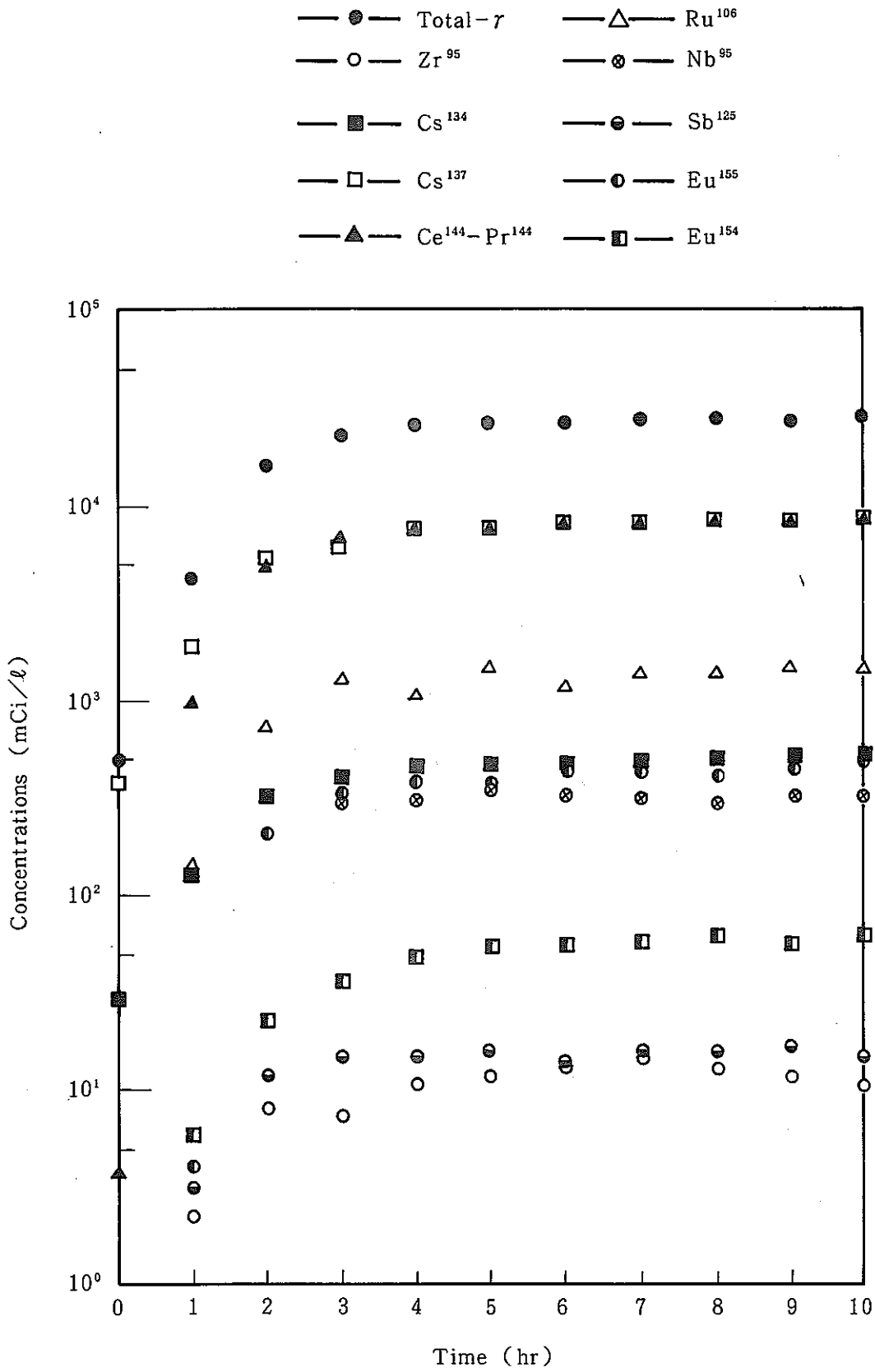


Fig.4-10 Concentration profiles of γ -nuclides in dissolved solution (4-2 run)

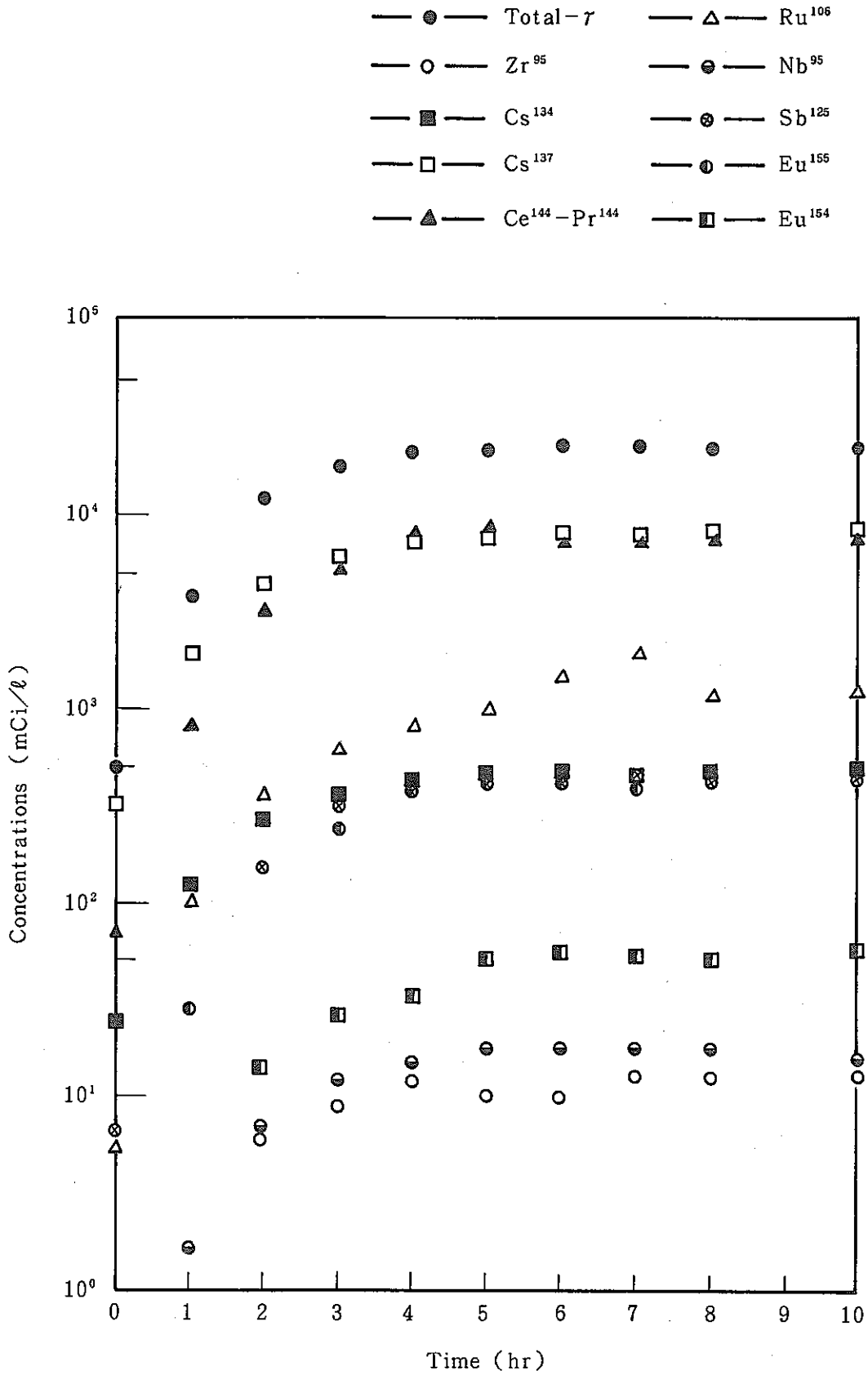


Fig.4-11 Concentration profiles of γ -nuclides in dissolved solution (4-3 run)

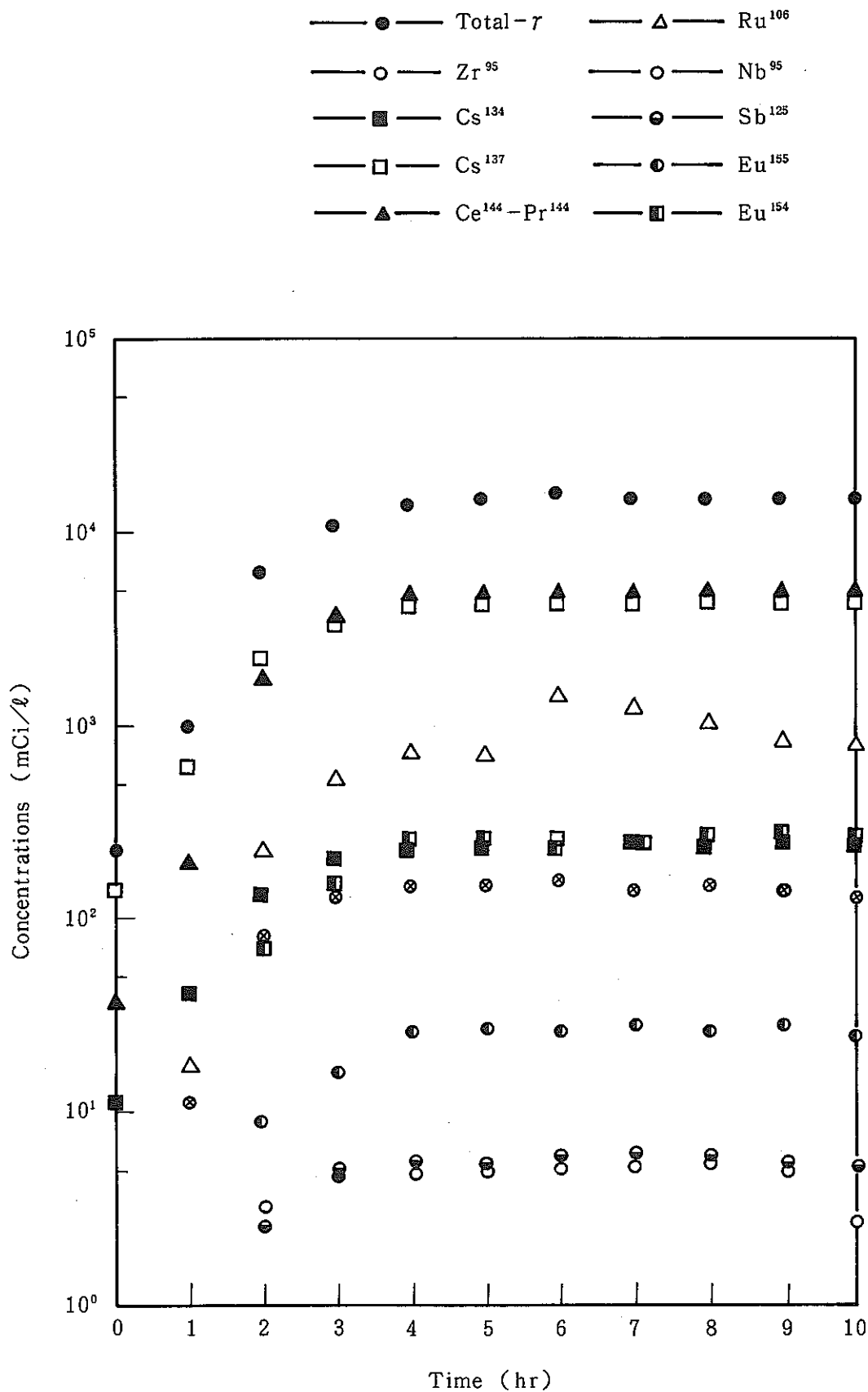


Fig.4-12 Concentration profiles of r -nuclides in dissolved solution (4-4 run)

Table 4-5 Dissolution rate of Uranium and Plutonium

試験名/経過時間	項目	U (%)	Pu (%)
4-1 (90°C)	0	0.3	0
	1	23.5	19.7
	2	68.9	70.3
	3	91.3	90.3
	4	96.9	92.7
	5	100.0	96.9
	6	99.5	97.9
	7	100.0	97.3
	8	99.8	97.7
	9	—	—
	10	100.0	97.7
4-2 (80°C)	0	0	0
	1	12.2	9.7
	2	45.7	44.8
	3	66.3	68.3
	4	83.0	84.5
	5	88.8	87.7
	6	90.8	95.0
	7	93.9	93.8
	8	97.2	94.1
	9	99.5	96.0
	10	99.2	97.7
4-3 (70°C)	0	0	0
	1	11.2	7.3
	2	34.9	31.6
	3	56.0	53.4
	4	69.9	69.6
	5	80.6	83.1
	6	85.7	87.8
	7	91.7	90.0
	8	95.6	92.2
	9	—	—
	10	100.0	95.9
4-4 (90°C - 2.5M)	0	0.8	0.
	1	5.7	5.3
	2	36.0	33.5
	3	68.3	73.5
	4	87.3	94.3
	5	92.4	98.8
	6	94.9	100.0
	7	96.4	100.0
	8	100.0	100.0
	9	100.0	100.0
	10	100.0	100.0

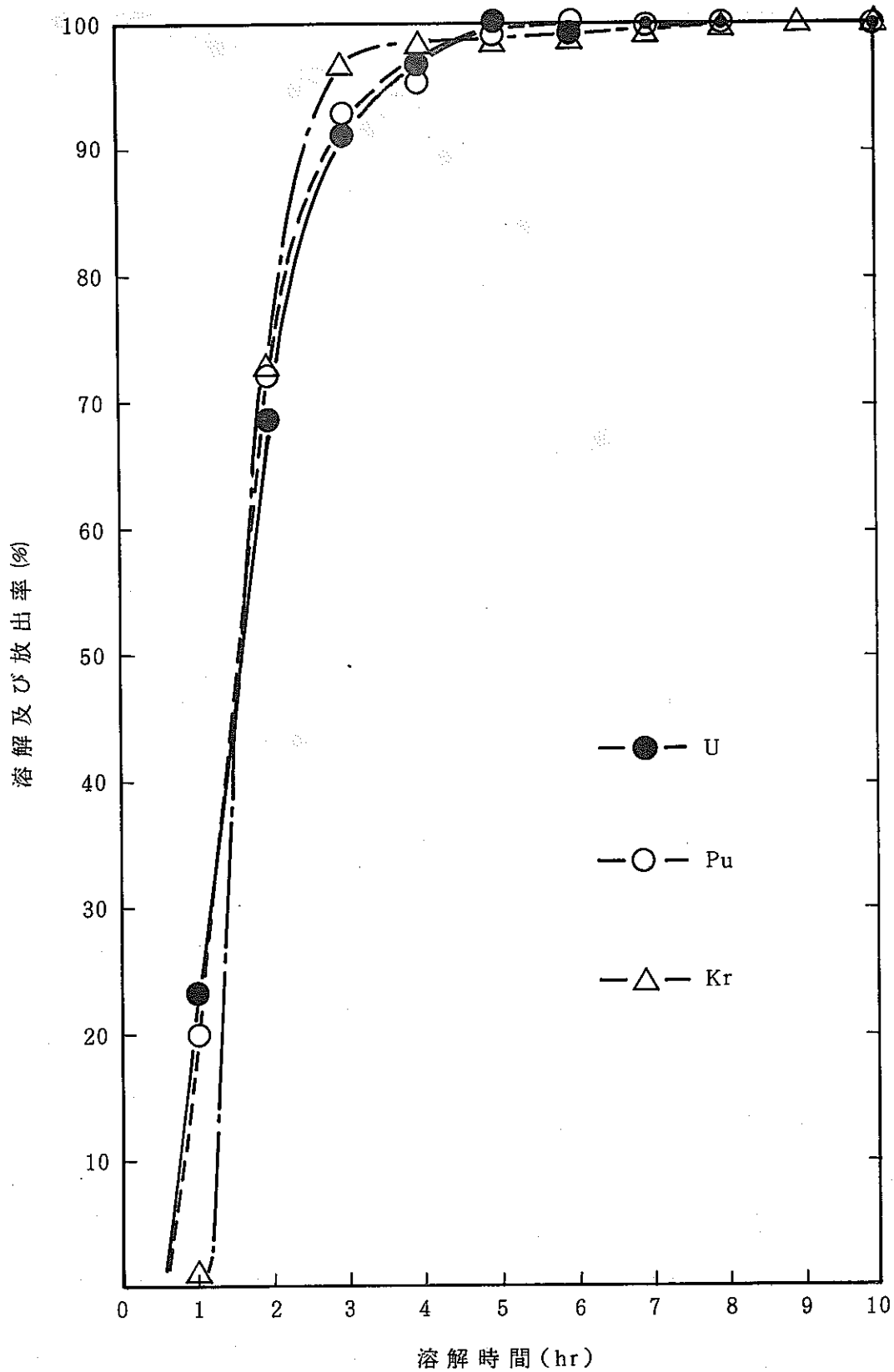


Fig.4-13 Dissolution rate of U and Pu, and Kr gas released (4-1 run)

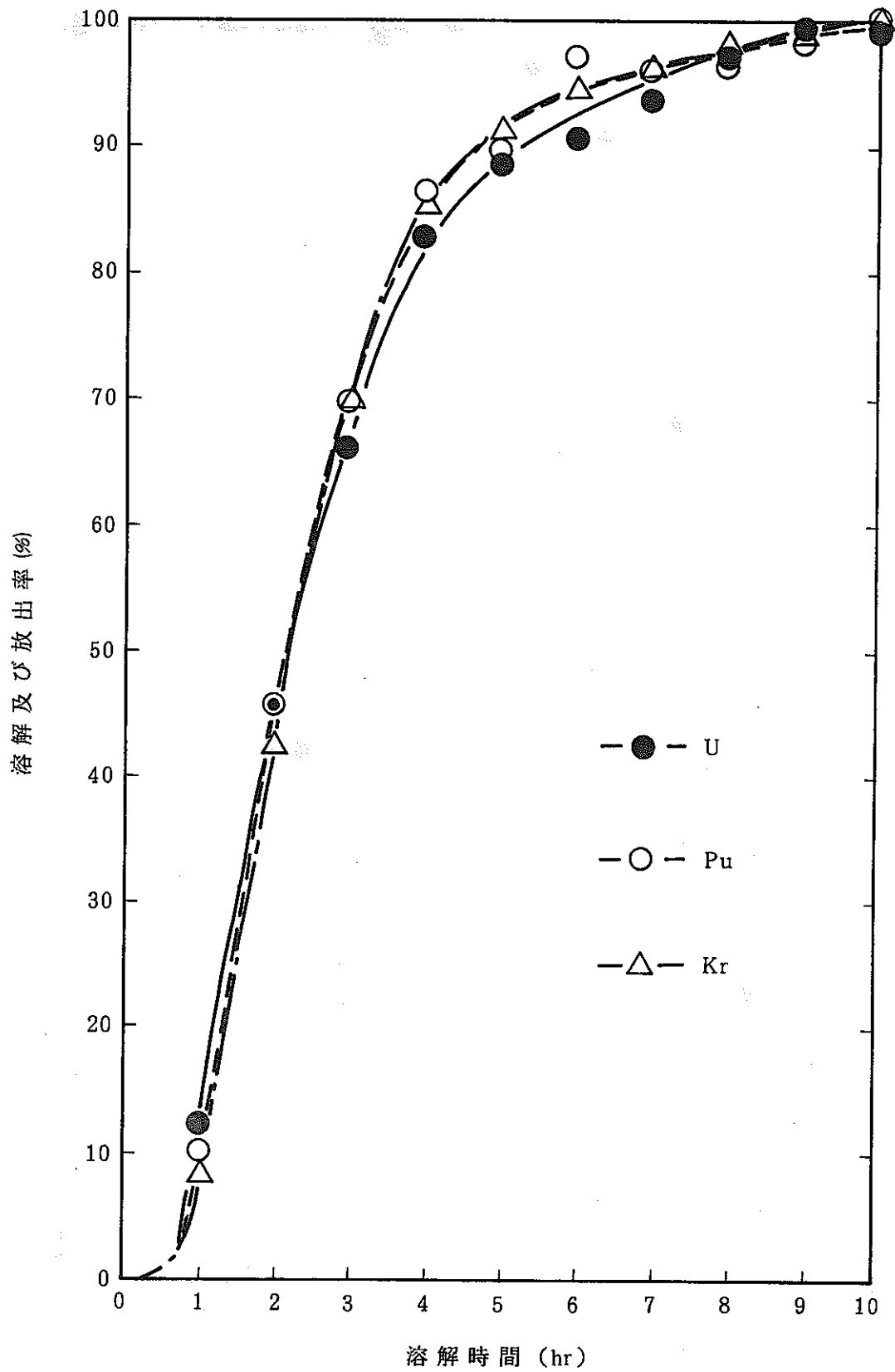


Fig.4-14 Dissolution rate of U and Pu, and Kr gas released (4-2 run)

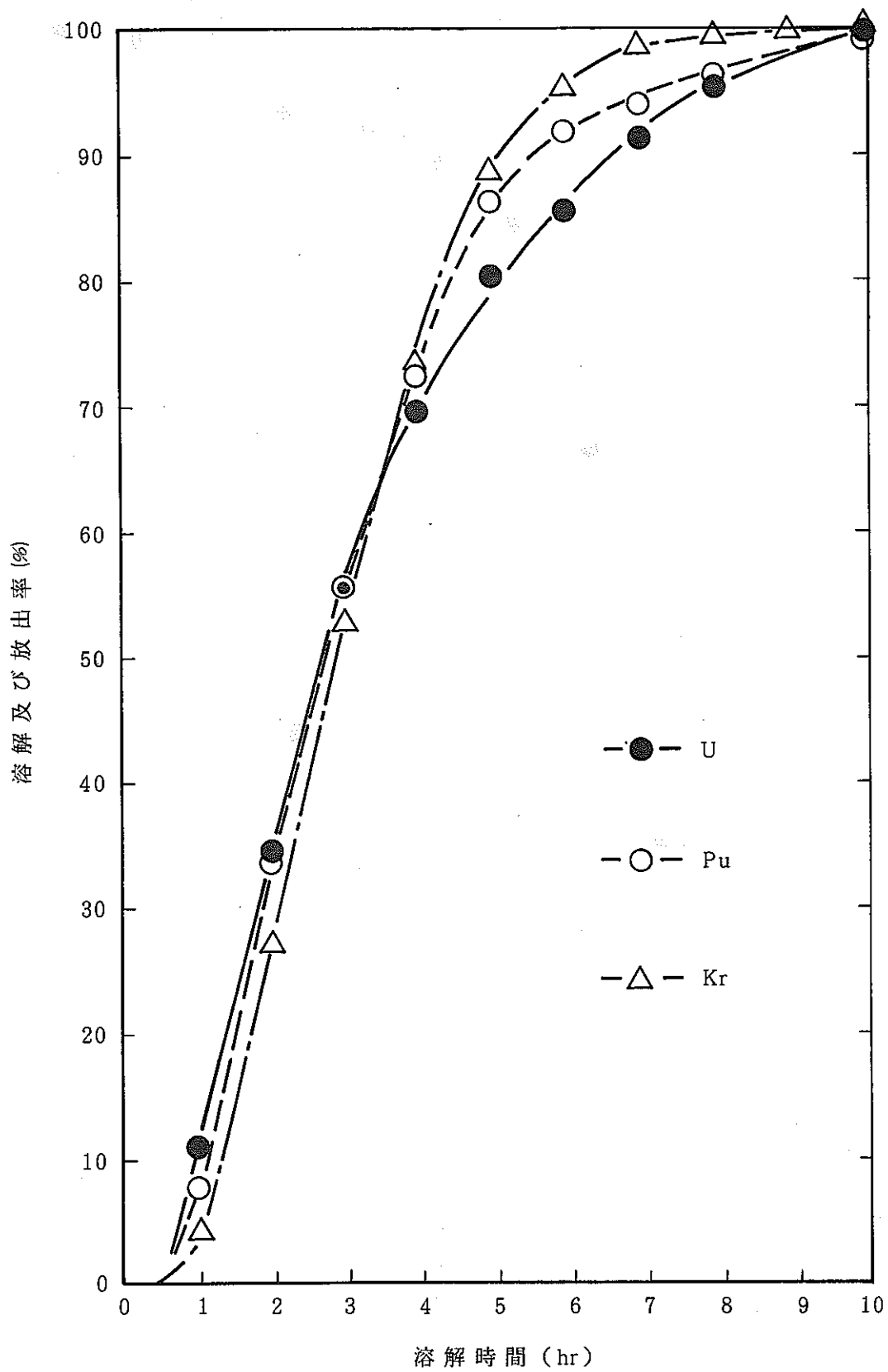


Fig. 4-15 Dissolution rate of U and Pu, and Kr gas released (4-3 run)

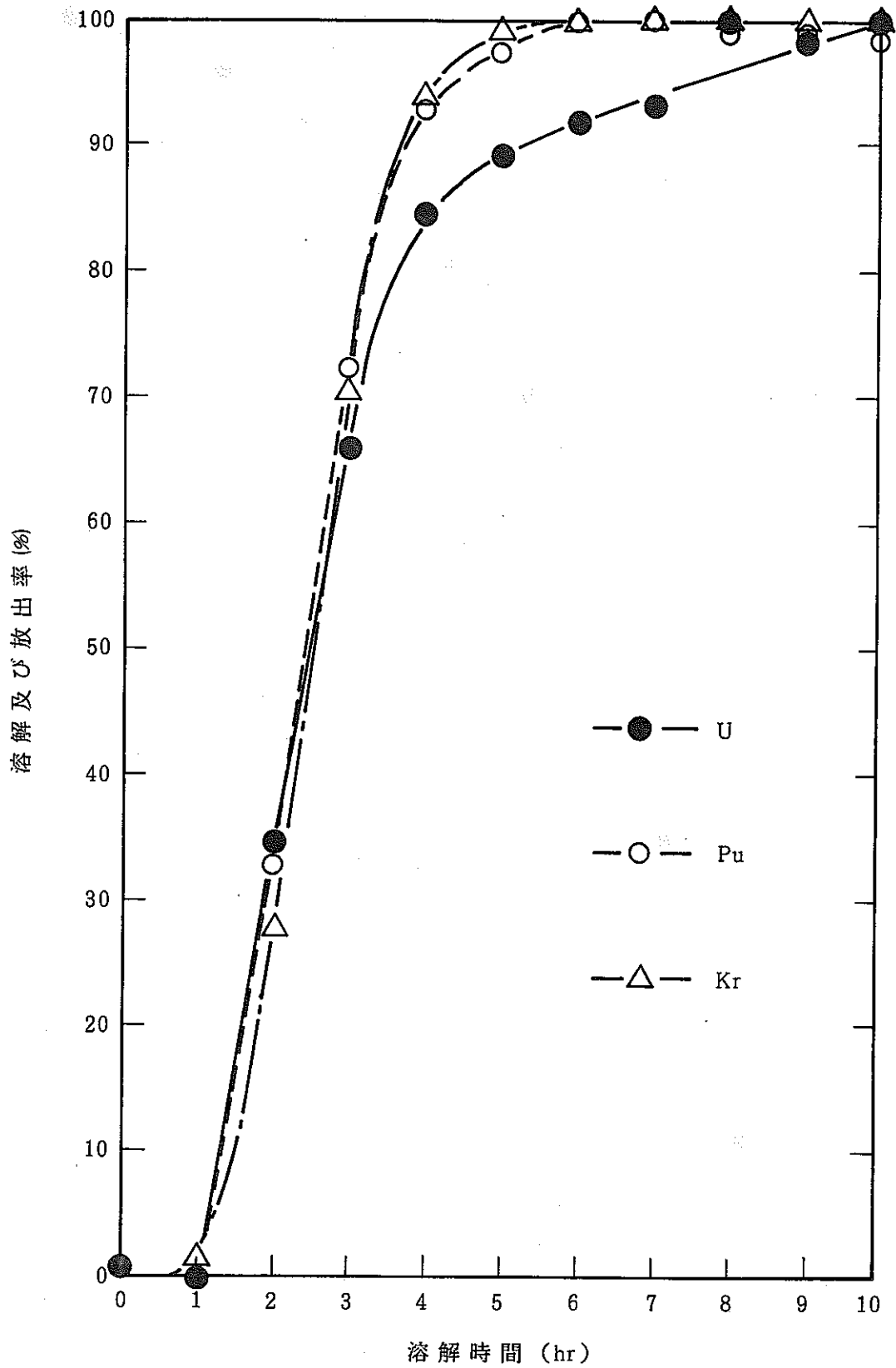


Fig. 4-16 Dissolution rate of U and Pu, and Kr gas released (4-4 run)

Table 4-6 Amounts of nitric acid in the dissolver

試験名/経過時間	項目	液中硝酸量 (mol)	サンプリング硝酸量* (mol)	トータル硝酸量 (mol)
4-1 (90°C - 3.5M)	0	6.82	6.89	6.90
	1	6.13	6.24	7.00
	2	4.50	4.67	6.95
	3	3.85	4.06	7.09
	4	3.59	3.85	7.05
	5	3.44	3.74	7.12
	6	3.47	3.80	7.09
	7	3.30	3.67	6.99
	8	3.30	3.70	7.00
	9	—	—	—
	10	3.23	3.67	7.02
4-2 (80°C)	0	6.20	6.26	6.26
	1	5.76	5.88	6.27
	2	4.61	4.78	6.29
	3	3.79	3.99	6.20
	4	3.32	3.57	6.33
	5	2.99	3.26	6.20
	6	2.91	3.22	6.25
	7	2.76	3.09	6.21
	8	2.59	2.97	6.18
	9	2.56	2.97	6.25
	10	2.50	3.94	6.23
4-3 (70°C)	0	6.80	6.86	6.86
	1	6.38	6.52	6.88
	2	5.57	5.76	6.90
	3	4.77	5.03	6.87
	4	4.17	4.48	6.79
	5	3.72	4.08	6.76
	6	3.55	3.94	6.78
	7	3.27	3.82	6.85
	8	3.25	3.71	6.87
	9	—	—	—
	10	3.13	3.64	6.94
4-4 (90°C - 2.5M)	0	9.65	9.71	9.73
	1	9.65	9.74	9.93
	2	8.54	8.67	9.86
	3	7.45	7.63	9.92
	4	6.78	6.99	9.92
	5	6.50	6.75	9.84
	6	6.36	6.63	9.80
	7	6.16	6.48	9.70
	8	6.01	6.34	9.77
	9	5.88	6.26	9.63
	10	6.01	6.41	9.83

* 液中硝酸量にサンプル硝酸量を足した値。

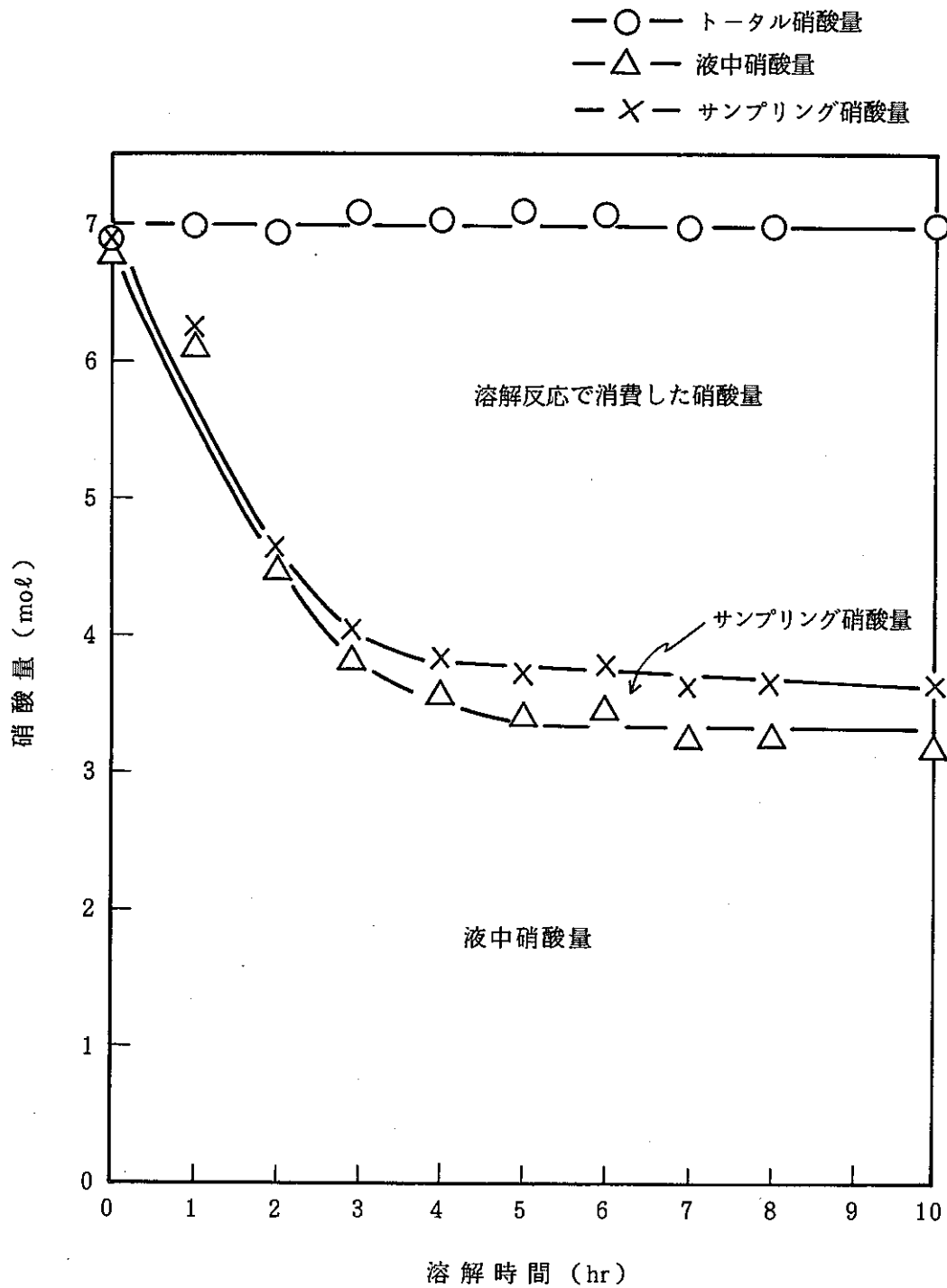


Fig.4-17 Amount of nitric acid in the dissolver (4-1 run)

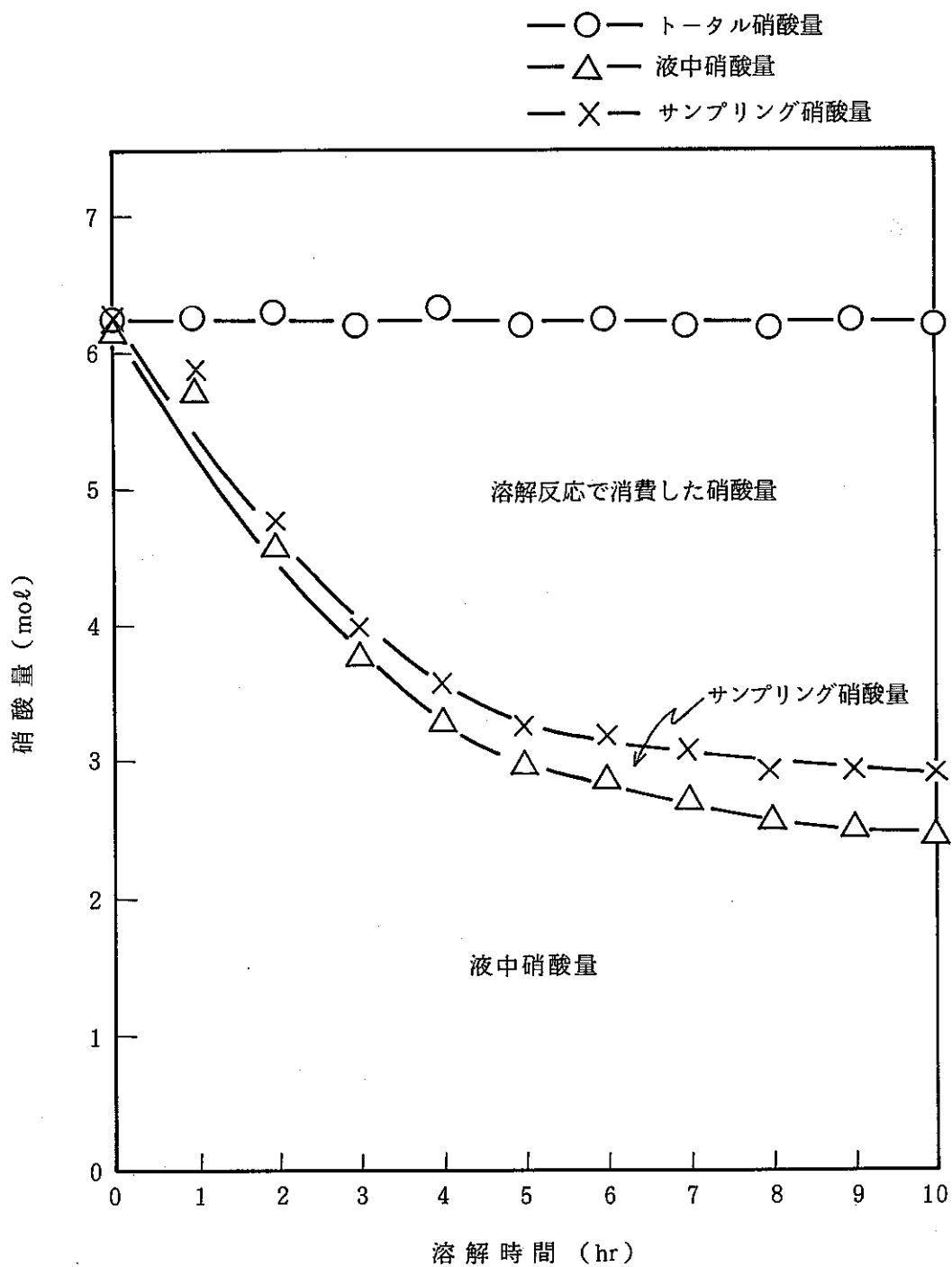


Fig.4-18 Amount of nitric acid in the dissolver (4-2 run)

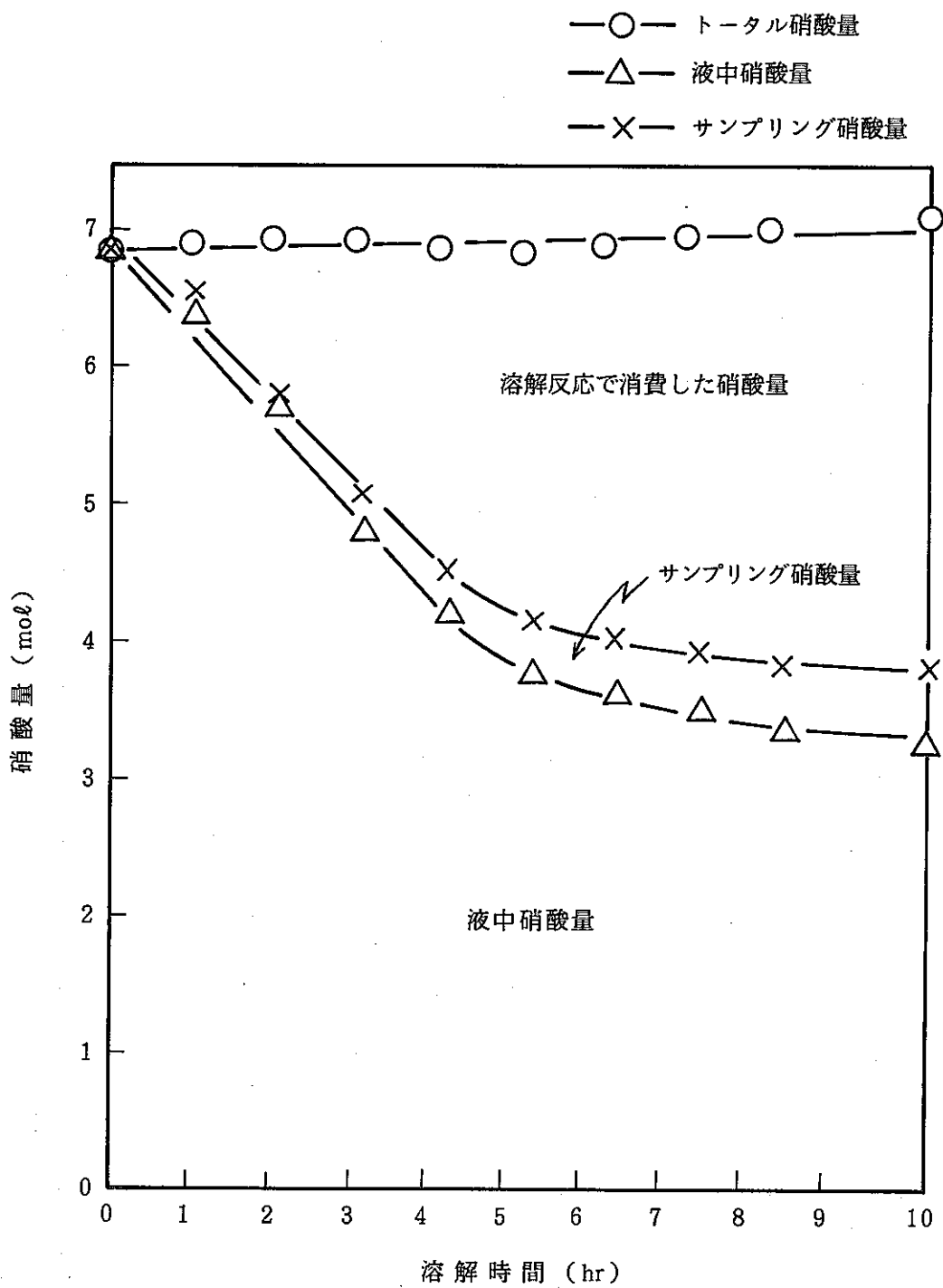


Fig. 4-19 Amount of nitric acid in the dissolver (4-3 run)

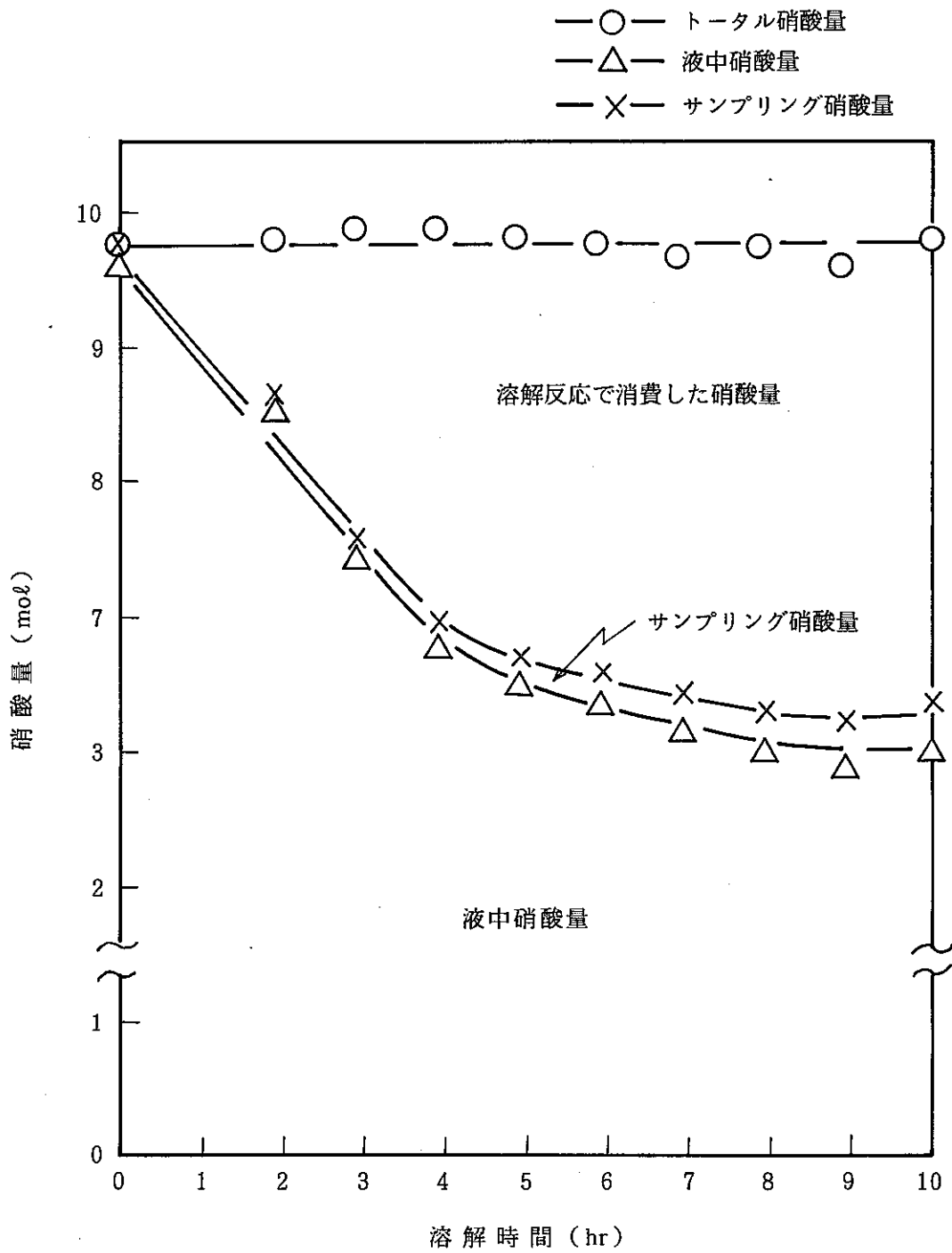


Fig. 4-20 Amount of nitric acid in the dissolver (4-4 run)

Table 4-7 Plutonium valency in the dissolver solution

試験名/経過時間	項目	Total Pu (g/l)	Pu ⁶⁺ (g/l)	Pu ⁶⁺ /Pu(T) (%)
4-1 (90°C - 3.5M)	0	<0.2	<0.2	0
	1	2.11	<0.2	0
	2	8.32	<0.2	0
	3	10.76	0.51	4.7
	4	11.11	2.56	23.0
	5	11.77	4.79	40.7
	6	11.98	7.18	59.9
	7	11.21	8.65	71.4
	8	12.30	9.47	77.0
	9	—	—	—
	10	12.29	10.66	86.7
4-2 (80°C)	0	<0.2	<0.2	0
	1	1.10	<0.2	0
	2	5.39	<0.2	0
	3	8.32	<0.2	0
	4	10.38	<0.2	0
	5	10.90	0.25	2.3
	6	11.87	0.83	7.0
	7	11.89	1.67	14.0
	8	12.11	2.56	21.1
	9	12.32	3.46	28.4
	10	12.53	4.55	36.3
4-3 (70°C)	0	<0.2	<0.2	0
	1	0.84	<0.2	0
	2	3.70	<0.2	0
	3	6.45	<0.2	0
	4	8.49	<0.2	0
	5	10.17	<0.2	0
	6	10.87	<0.2	0
	7	11.30	<0.2	0
	8	11.57	<0.2	0
	9	—	—	—
	10	12.29	<0.2	0
4-4 (90°C - 2.5M)	0	<0.2	<0.2	0
	1	0.29	<0.2	0
	2	1.91	0.15	0
	3	4.19	0.24	5.7
	4	5.40	1.14	21.1
	5	5.68	2.30	40.5
	6	5.87	3.30	56.2
	7	5.96	3.98	66.8
	8	5.87	4.67	79.6
	9	5.88	5.07	86.2
	10	5.89	5.37	91.2

注) <0.2 は検出限界以下を表わす。

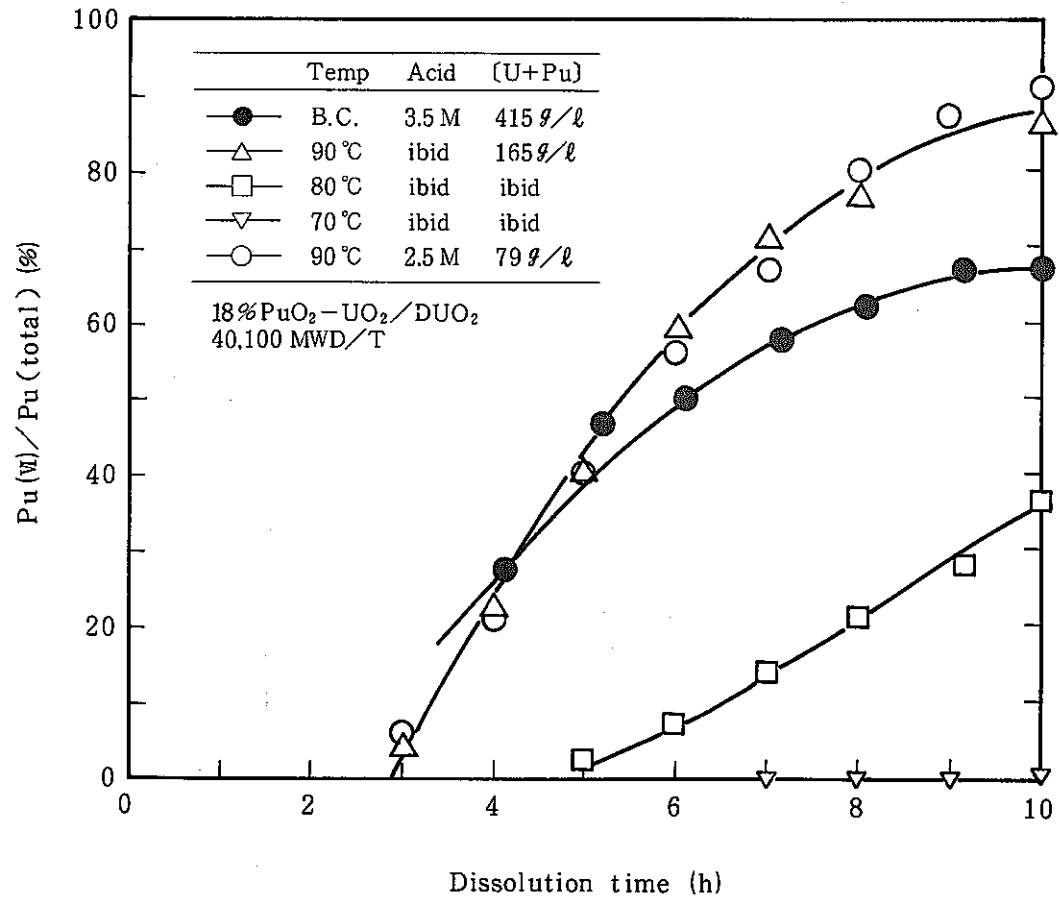


Fig. 4-21 Pu valency in the dissolver solution

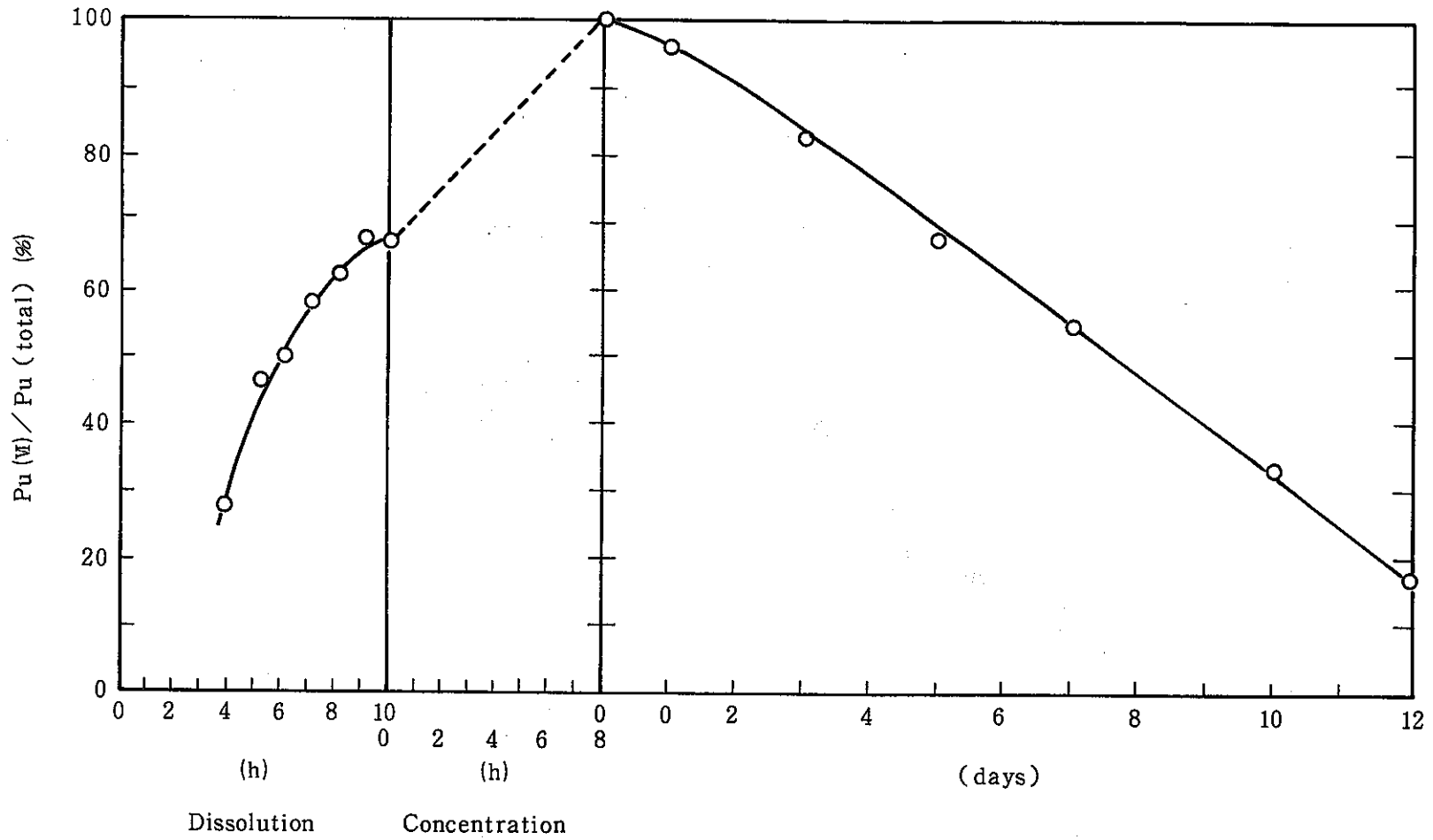


Fig. 4-22 Transition of valency

Table 4-8 Variations of solution densities

試験名/経過時間	項目	密度 (g/cm ³) 計算値*	密度 (g/cm ³) 実測値**
4-1 (90°C - 3.5M)	0	1.121	1.100
	1	1.126	1.090
	2	1.198	1.102
	3	1.232	1.155
	4	1.241	1.178
	5	1.253	1.172
	6	1.250	1.161
	7	1.254	1.164
	8	1.256	1.154
	9	—	1.149
	10	1.259	1.162
4-2 (80°C)	0	1.114	1.074
	1	1.112	1.049
	2	1.163	1.088
	3	1.193	1.118
	4	1.221	1.153
	5	1.230	1.158
	6	1.234	1.171
	7	1.241	1.169
	8	1.250	1.160
	9	1.253	1.164
	10	1.252	1.153
4-3 (70°C)	0	1.121	1.087
	1	1.122	1.074
	2	1.157	1.099
	3	1.191	1.132
	4	1.211	1.164
	5	1.227	1.181
	6	1.237	1.178
	7	1.250	1.196
	8	1.256	1.178
	9	—	1.182
	10	1.268	1.198
4-4 (90°C - 2.5M)	0	1.095	1.057
	1	1.084	1.023
	2	1.095	1.003
	3	1.118	1.030
	4	1.131	1.043
	5	1.134	1.056
	6	1.137	1.063
	7	1.137	1.061
	8	1.144	1.063
	9	1.141	1.072
	10	1.145	1.072

* 計算式 $\rho_{25} = 1.028 + 0.001256 \cdot U (\text{g/l}) + 0.02748 \cdot H^+ (\text{mol/l})$

補正式 $\rho_t = \rho_{25} (1.0125 - 0.005t) - 0.0036 + 0.000145t$

ただし ρ_t : $t^\circ\text{C}$ の時の溶液密度

** 溶解液攪拌用空気を流してある状態での測定値。

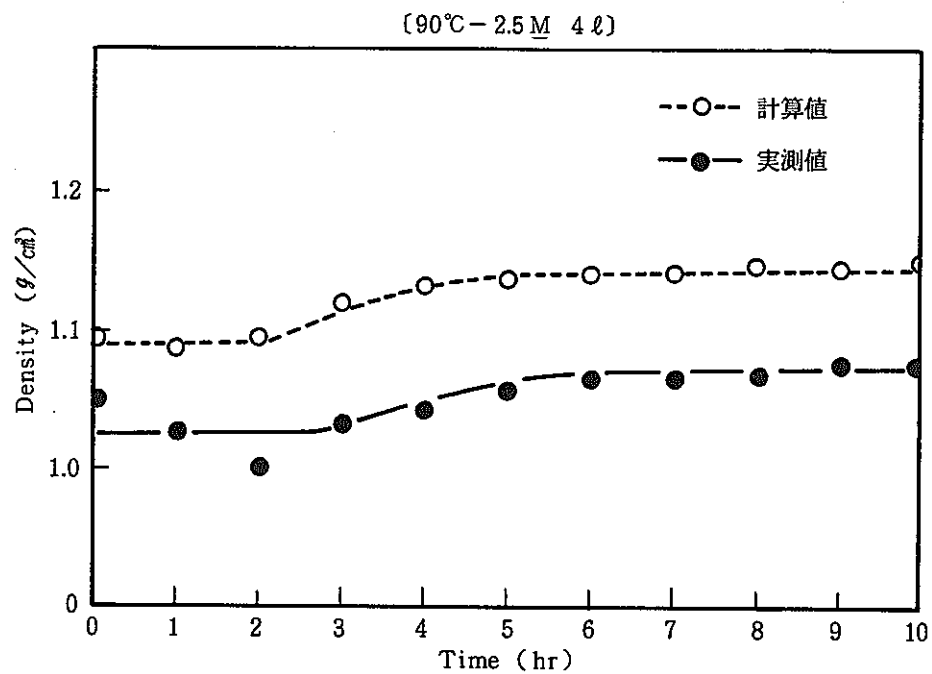
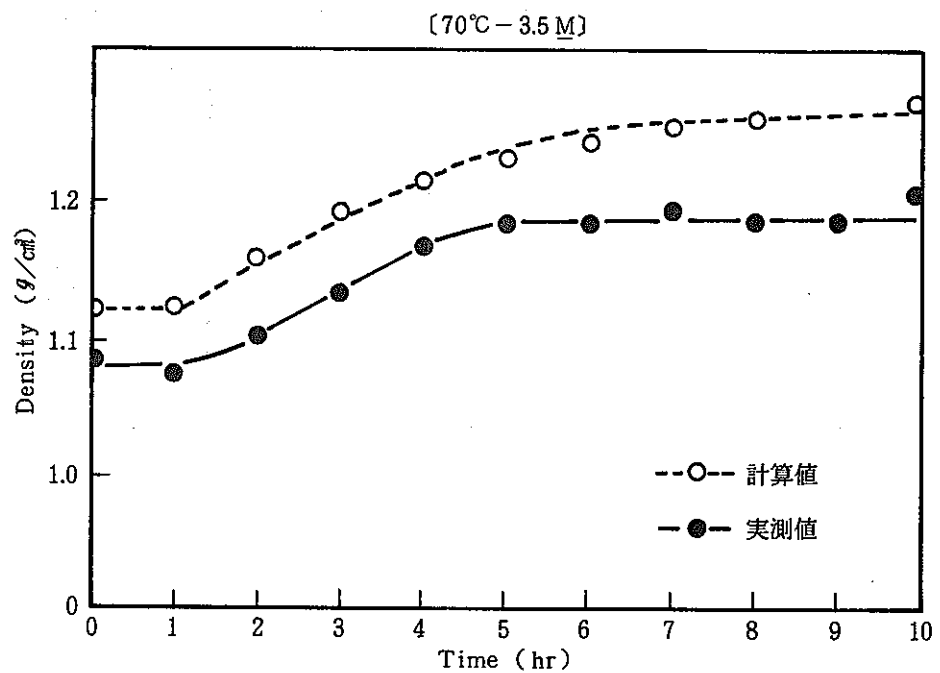
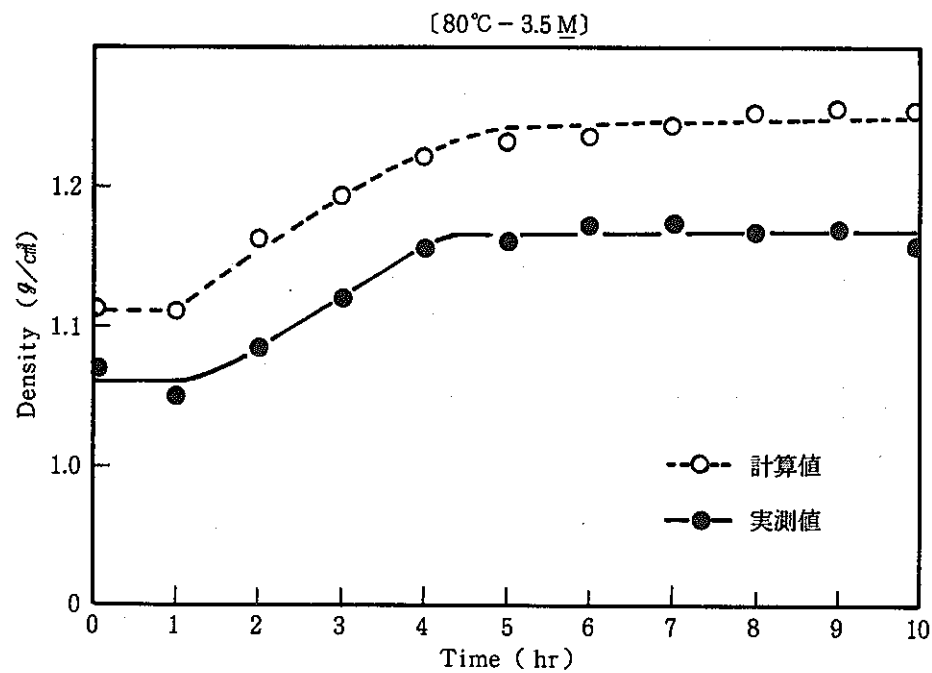
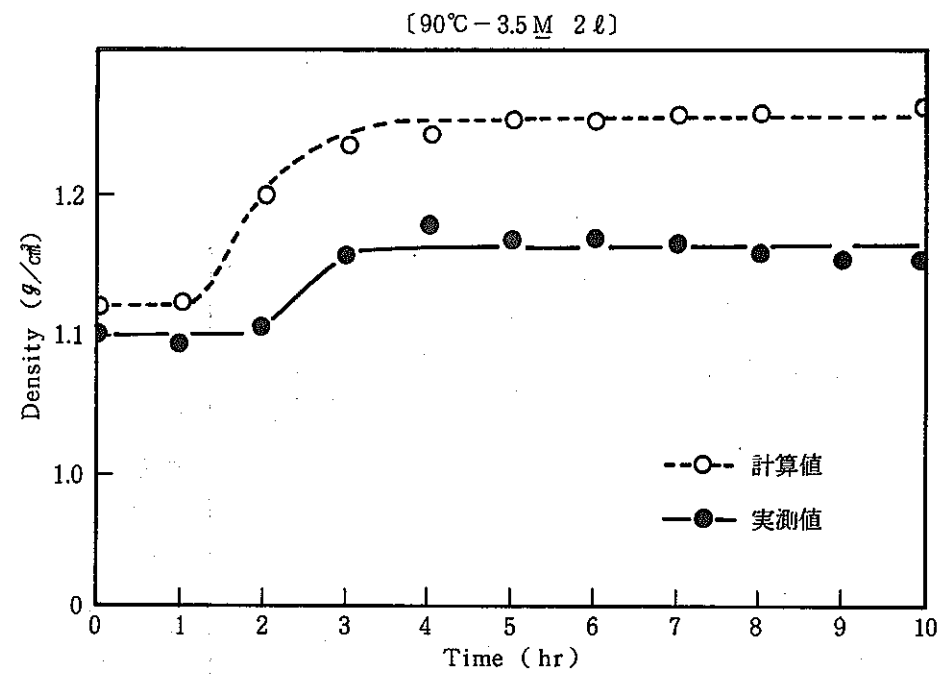


Fig.4-23 Variations of solution density

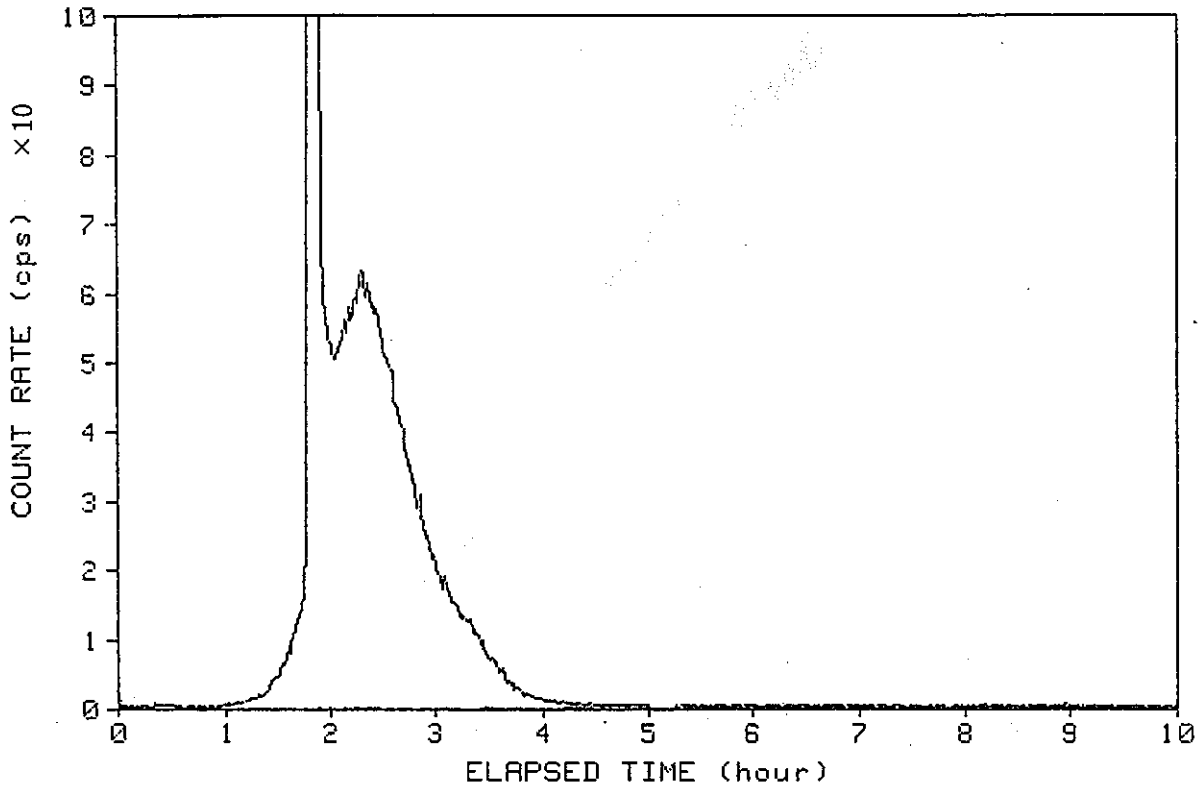


Fig. 4-24 Monitoring of ^{85}Kr gas in the dissolution (4-1 run)

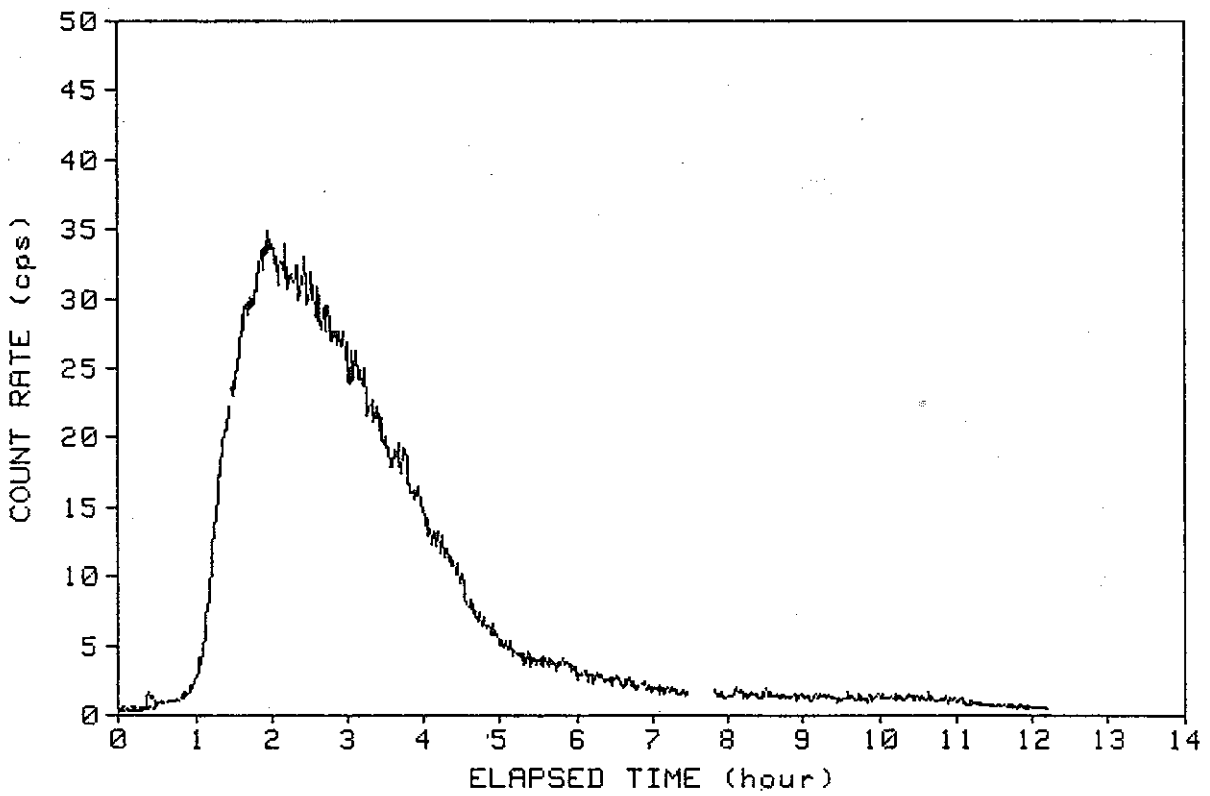


Fig. 4-25 Monitoring of ^{85}Kr gas in the dissolution (4-2 run)

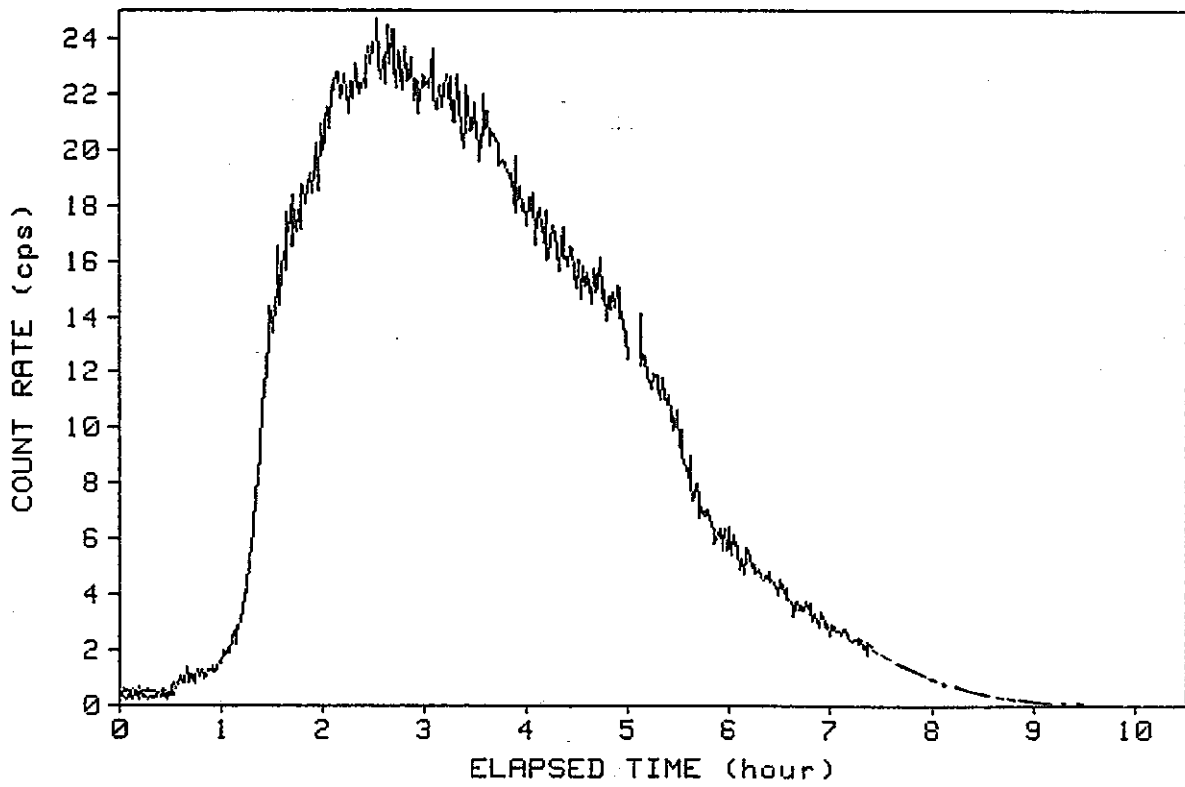


Fig. 4-26 Monitoring of ⁸⁵Kr gas in the dissolution (4-3 run)

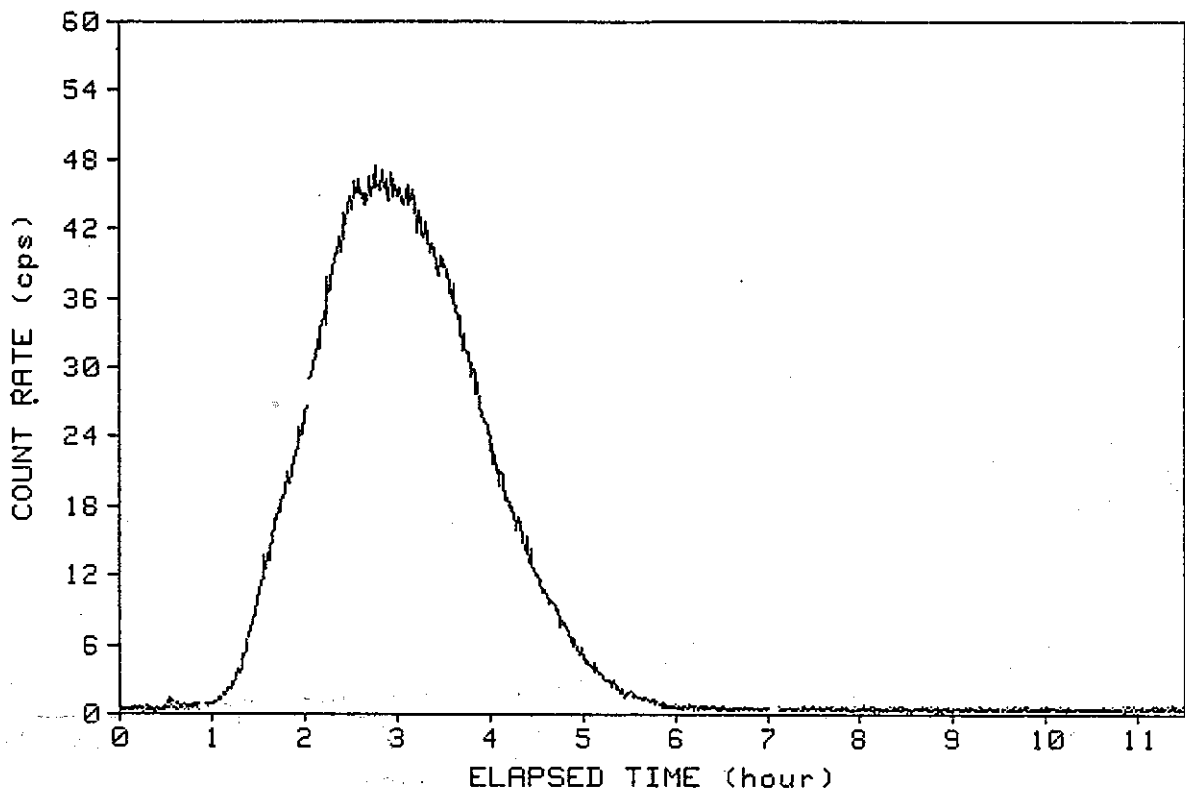


Fig. 4-27 Monitoring of ⁸⁵Kr gas in the dissolution (4-4 run)

Table 4-9 Amounts of released ⁸⁵Kr gas in shearing and dissolution

燃焼度 40,100MWD/T

試 験		剪 断 (Ci)	溶 解 (Ci)	計 (Ci) (小計)		ORIGEN (Ci)
第 3 回		1.8	2.9	4.7		5.32
第 4 回	1. (90℃ - 3.5M)	0.41	0.71	1.12	4.60	
	2. (80℃ - 3.5M)	0.43	0.70	1.13		
	3. (70℃ - 3.5M)	(0.46)	0.66	1.12		
	4. (90℃ - 2.5M)	(0.46)	0.77	1.23		

() 内数値は放管測定値から推定した。

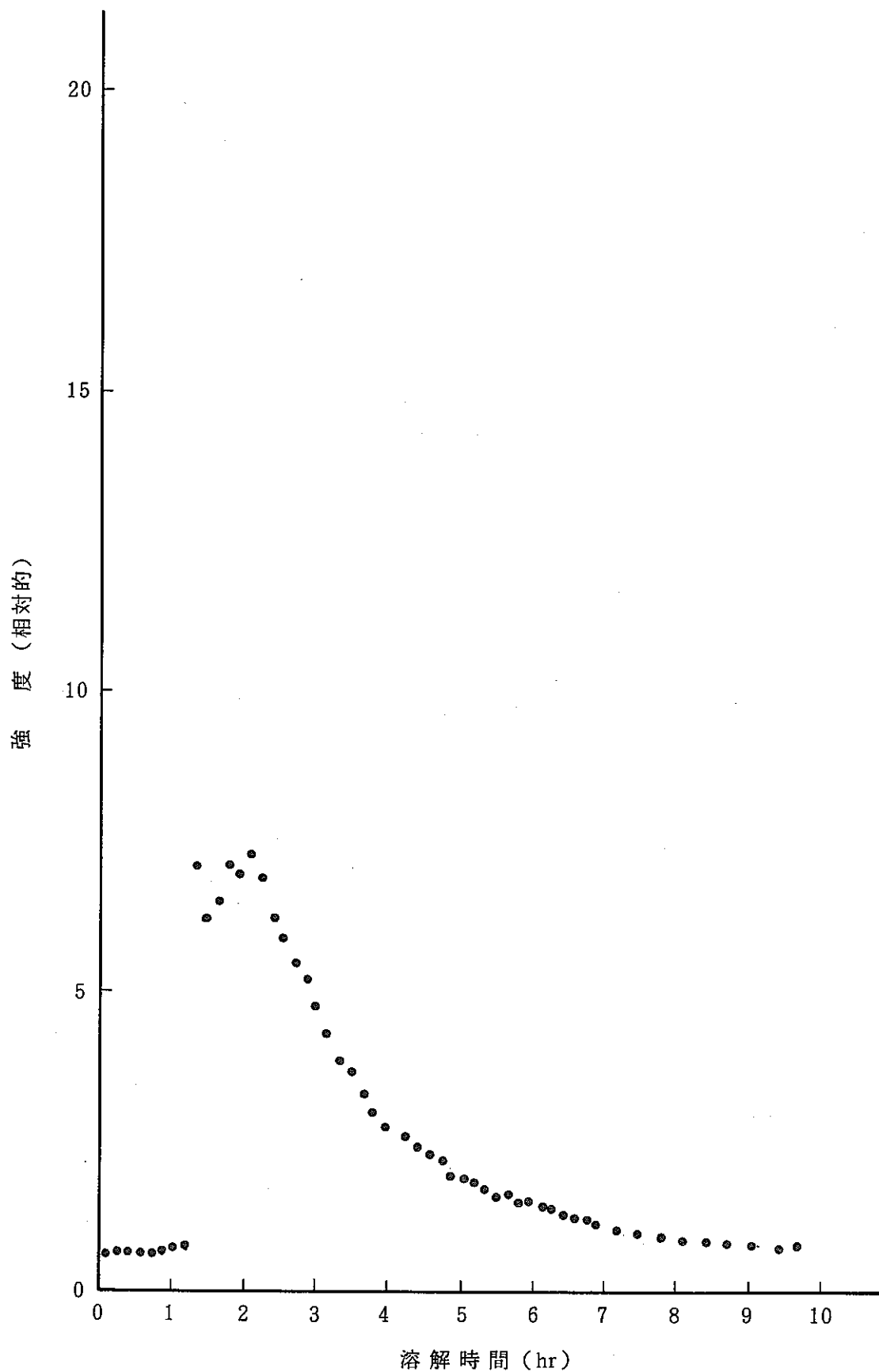


Fig. 4-28 Monitoring of NOx gas (4-1 run, 90°C-3.5 M)

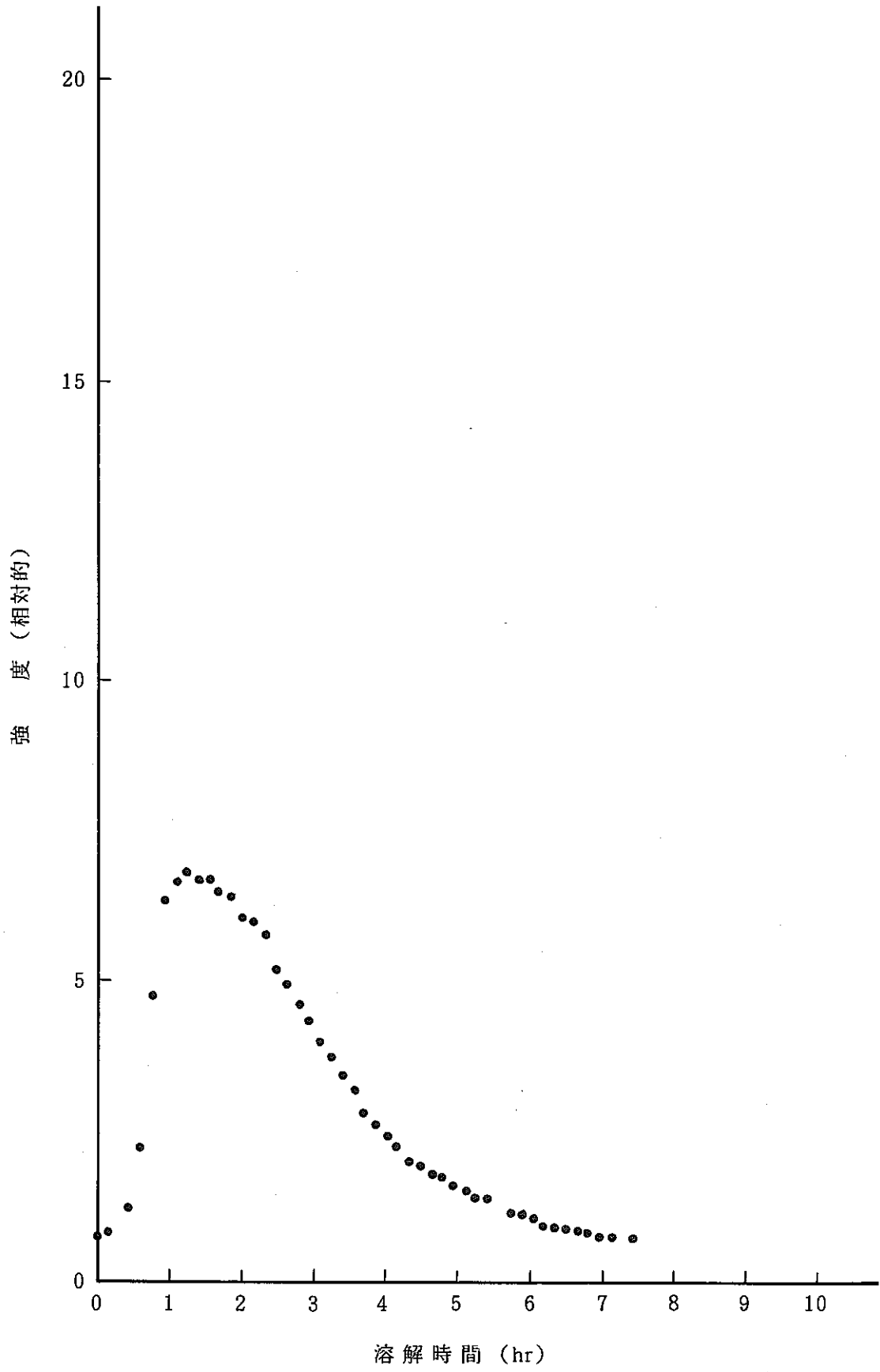


Fig.4-29 Monitoring of NOx gas (4-1 run, 80°C-3.5M)

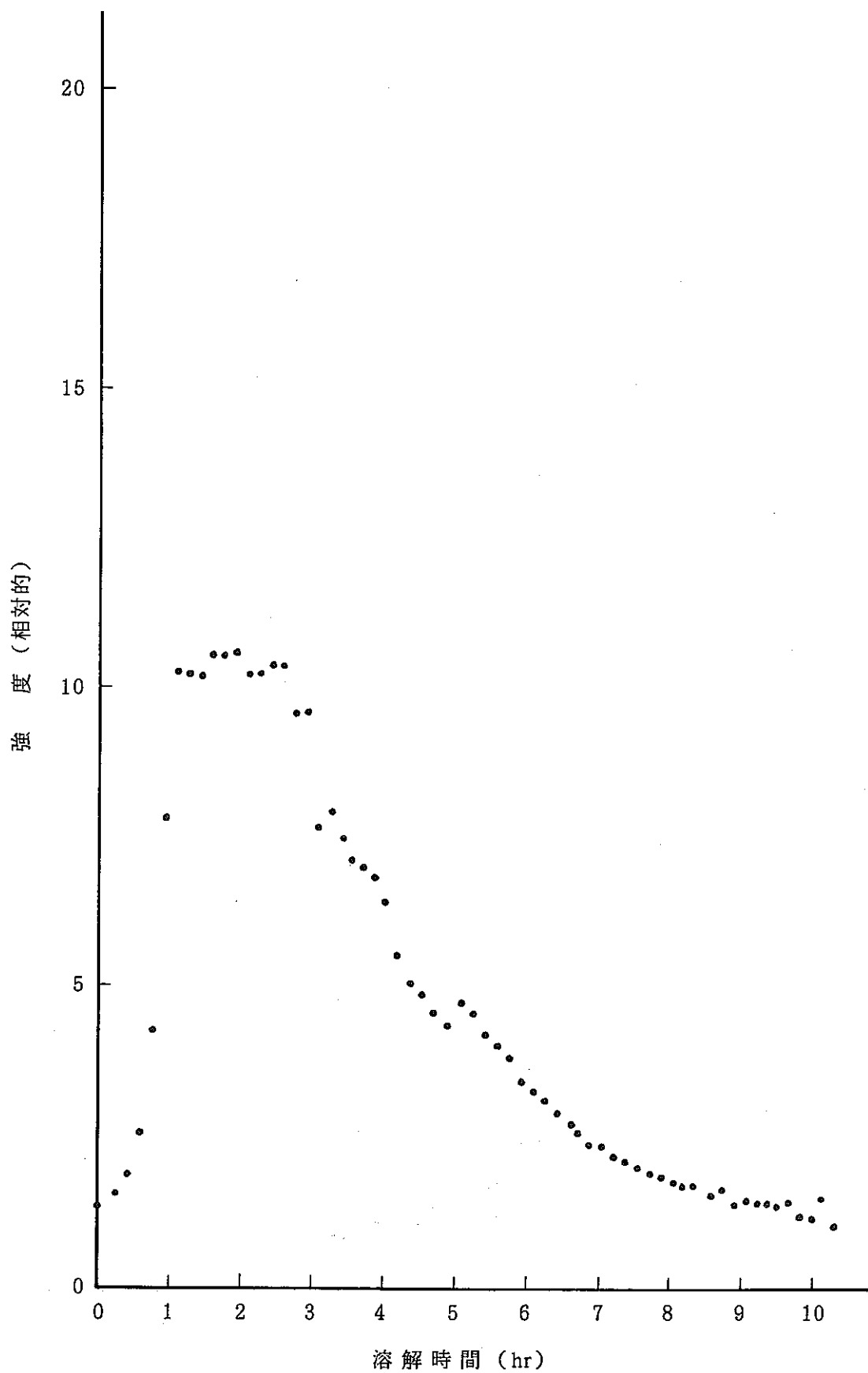


Fig. 4-30 Monitoring of NOx gas (4-3 run, 70°C-3.5 M)

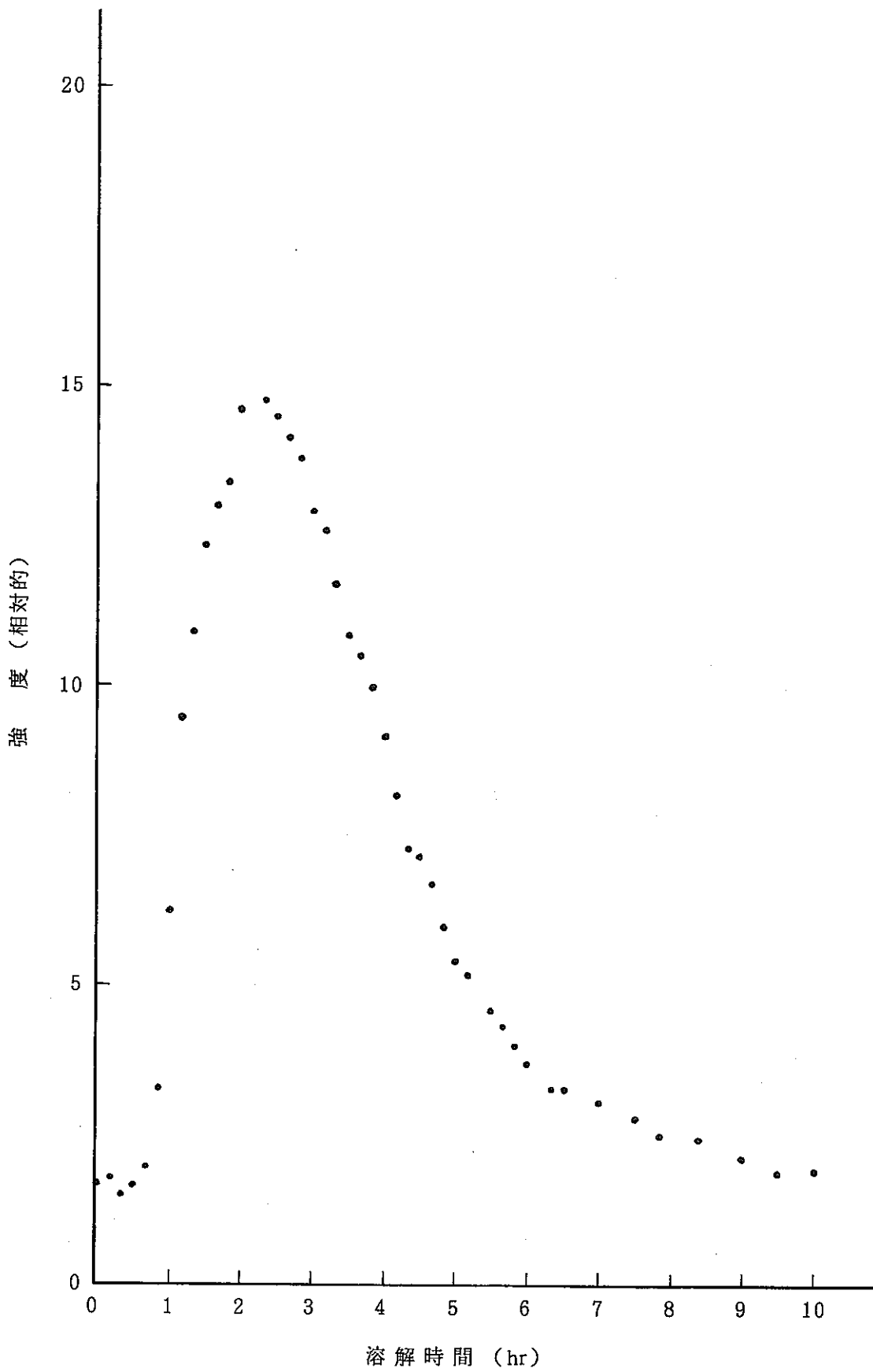


Fig.4 -31. Monitoring of NOx gas (4-4 run, 90°C-2.5M)

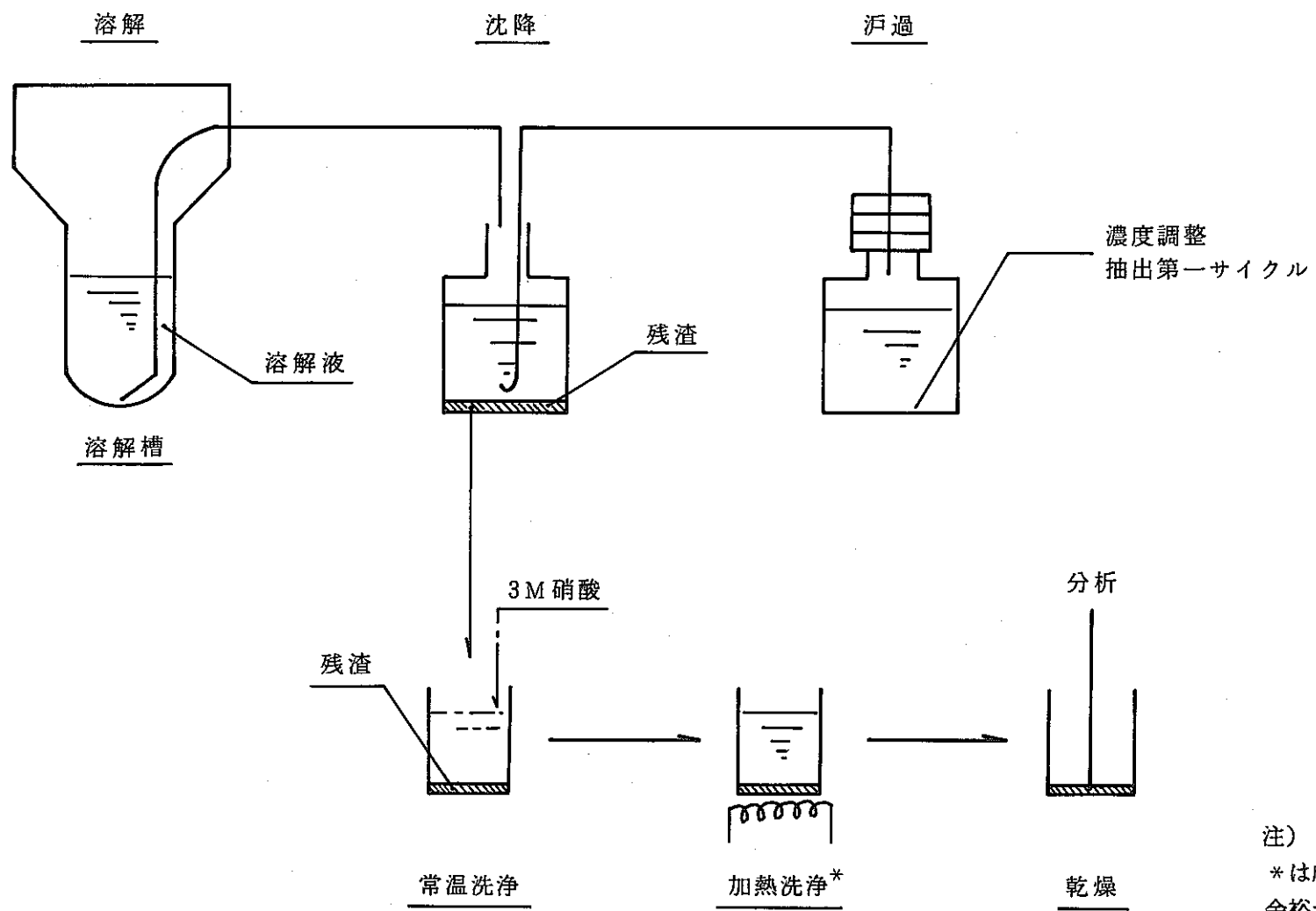


Fig. 4-32 Flow diagram for the recovery of undissolved residue

下 段

中 段

上 段

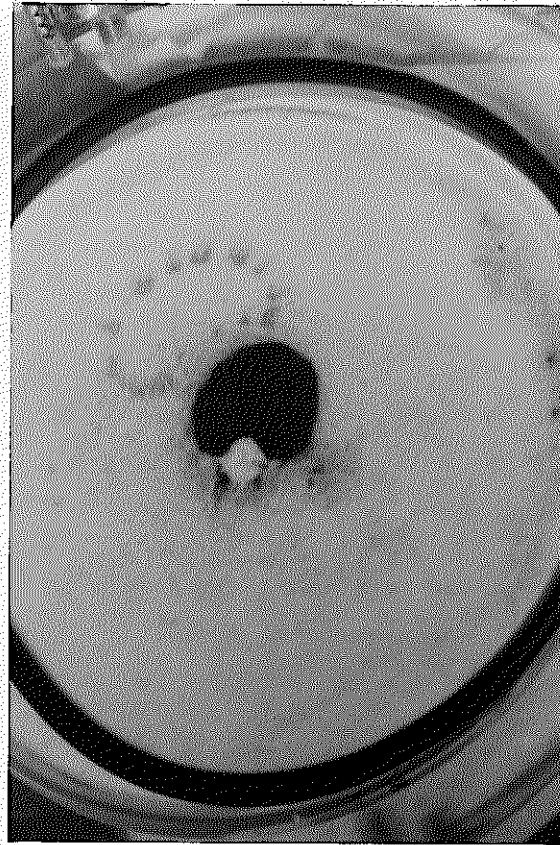
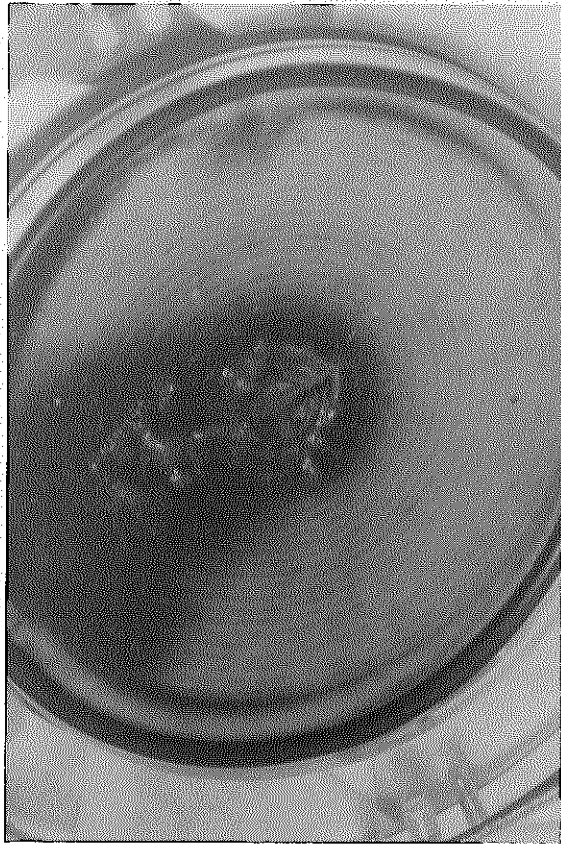


Photo 4-2 Filter-papers of after filtered

Table 4-10 Analytical results of filtered particles with filter papers

Item Filter	NUCLIDE	ENERGY (KeV)	EFF. (%)	YIELD (%)	DECAY C.	ACTIVITY (pCi/unit)	ERROR (%)
Top	Ce-144	133.89	.00	11.10	1.00E+00	3.823E+07	21.84
	Sb-125	176.49	.00	6.81	1.00E+00	2.842E+08	4.46
	Sb-125	380.60	.00	1.53	1.00E+00	2.688E+08	16.93
	Sb-125	463.47	.00	10.50	1.00E+00	2.693E+08	2.91
	Ru-106	511.94	.00	19.00	1.00E+00	3.454E+09	.48
	Sb-125	600.68	.00	17.90	1.00E+00	2.472E+08	2.14
	Sb-125	606.77	.00	4.90	1.00E+00	2.471E+08	5.17
	Ru-106	616.36	.00	.82	1.00E+00	1.757E+09	5.89
	Ru-106	622.10	.00	9.78	1.00E+00	3.189E+09	.73
	Sb-125	636.04	.00	11.50	1.00E+00	2.462E+08	2.65
	Cs-137	661.75	.00	85.00	1.00E+00	1.874E+07	3.83
	Sb-125	671.52	.00	1.75	1.00E+00	2.422E+08	9.26
	Nb-95	765.85	.00	99.82	1.00E+00	7.201E+06	6.52
	Ru-106	1050.45	.00	1.60	1.00E+00	2.758E+09	2.22
	Ru-106	1061.95	.00	.03	1.00E+00	2.497E+09	25.41
	Ru-106	1128.09	.00	.42	1.00E+00	2.898E+09	4.44
	Ru-106	1194.94	.00	.06	1.00E+00	1.927E+09	21.10
	Ru-106	1562.29	.00	.17	1.00E+00	2.595E+09	8.23
Ru-106	1765.87	.00	.03	1.00E+00	4.419E+09	15.12	
Ru-106	1988.77	.00	.03	1.00E+00	3.410E+09	19.25	
Center	Ce-144	133.53	.00	11.10	1.00E+00	2.338E+07	33.41
	Sb-125	176.51	.00	6.81	1.00E+00	3.858E+08	3.30
	Sb-125	380.75	.00	1.53	1.00E+00	4.063E+08	10.27
	Sb-125	463.48	.00	10.50	1.00E+00	3.372E+08	2.44
	Ru-106	511.94	.00	19.00	1.00E+00	2.078E+09	.62
	Sb-125	600.67	.00	17.90	1.00E+00	3.207E+08	1.79
	Sb-125	606.82	.00	4.90	1.00E+00	3.186E+08	4.06
	Ru-106	616.38	.00	.82	1.00E+00	9.234E+08	8.63
	Ru-106	622.10	.00	9.78	1.00E+00	1.928E+09	.94
	Sb-125	636.00	.00	11.50	1.00E+00	3.222E+08	2.20
	Cs-137	661.70	.00	85.00	1.00E+00	2.106E+07	3.35
	Sb-125	671.45	.00	1.75	1.00E+00	3.559E+08	6.47
	Nb-95	765.93	.00	99.82	1.00E+00	1.030E+07	4.89
	Cs-134	796.11	.00	85.44	1.00E+00	1.123E+06	30.56
	Ru-106	1050.49	.00	1.60	1.00E+00	1.730E+09	2.82
	Ru-106	1128.09	.00	.42	1.00E+00	1.686E+09	5.91
	Ru-106	1194.95	.00	.06	1.00E+00	1.705E+09	21.44
	Ru-106	1562.53	.00	.17	1.00E+00	1.748E+09	10.10
Ru-106	1796.48	.00	.03	1.00E+00	1.753E+09	30.87	
Bottom	Ce-144	133.91	.00	11.10	1.00E+00	1.369E+07	49.57
	Sb-125	176.43	.00	6.81	1.00E+00	5.867E+07	16.22
	Sb-125	463.49	.00	10.50	1.00E+00	4.478E+07	11.26
	Ru-106	511.95	.00	19.00	1.00E+00	7.678E+08	1.11
	Sb-125	600.58	.00	17.90	1.00E+00	4.563E+07	5.94
	Sb-125	606.64	.00	4.90	1.00E+00	3.625E+07	20.48
	Ru-106	616.35	.00	.82	1.00E+00	4.092E+08	13.80
	Ru-106	622.09	.00	9.78	1.00E+00	7.112E+08	1.69
	Sb-125	636.10	.00	11.50	1.00E+00	4.725E+07	7.01
	Cs-137	661.68	.00	85.00	1.00E+00	7.460E+06	6.62
	Sb-125	671.41	.00	1.75	1.00E+00	3.412E+07	43.64
	Nb-95	765.85	.00	99.82	1.00E+00	1.204E+06	22.91
	Ru-106	1050.46	.00	1.60	1.00E+00	7.121E+08	4.84
	Ru-106	1127.92	.00	.42	1.00E+00	7.871E+08	9.81
	Ru-106	1562.30	.00	.17	1.00E+00	1.157E+09	14.75

DECAY TIME= 0.0S
 SAMPLE VOLUME= 1.0

CALIBRATION COEFFICIENTS

(Low) $\log(\text{Eff}) = C0 + C1 * \log(E) + C2 * (\log(E))^2$

(High) $\log(\text{Eff}) = C3 + C4 * \log(E)$

C0 = -2.31304E+01

C1 = 1.65531E+01

C2 = -3.55431E+00

C3 = -2.69274E+00

C4 = -4.92936E-01

Knee E = 250.0(KeV)

U

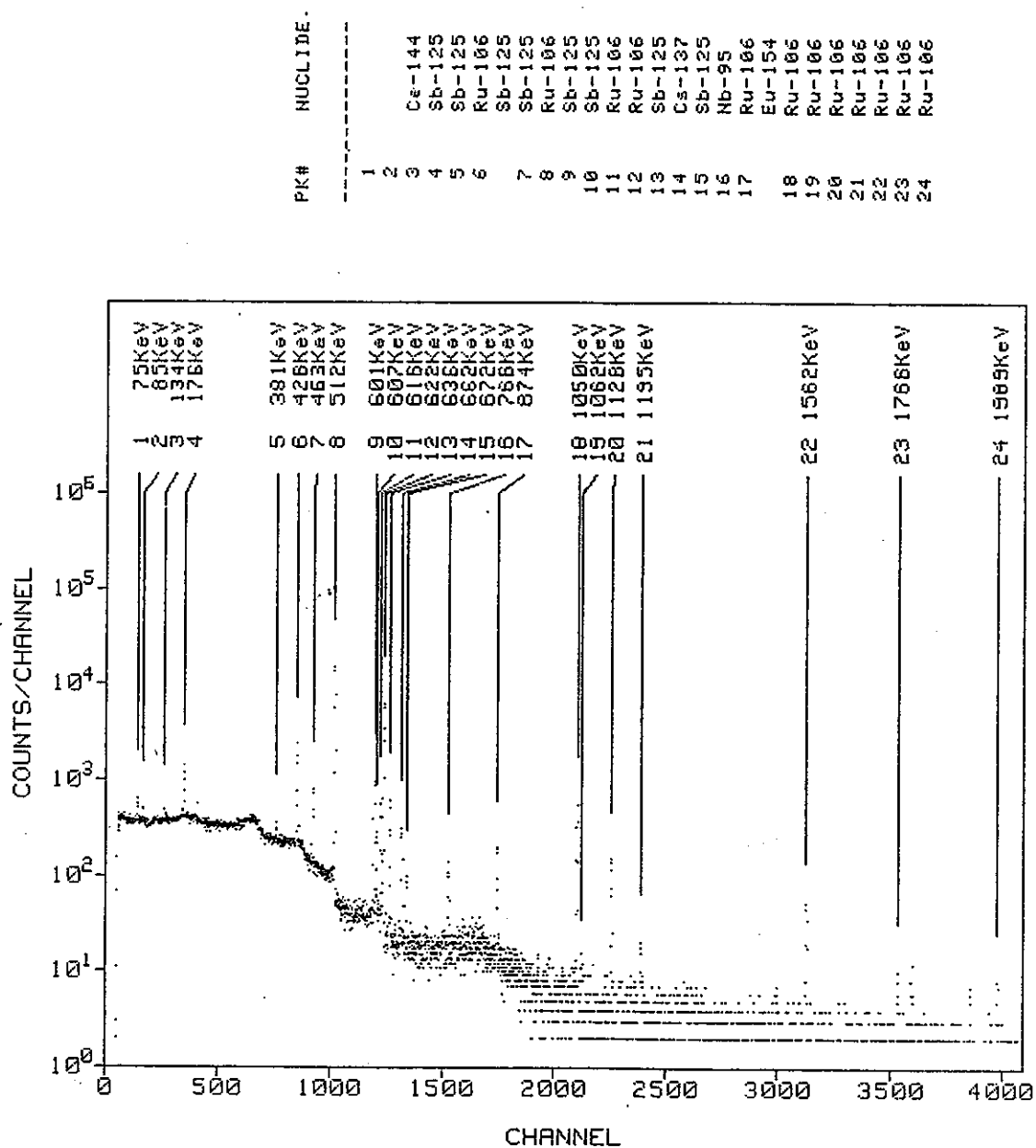


Fig. 4-33 γ -spectrum of filter-paper (top)

U

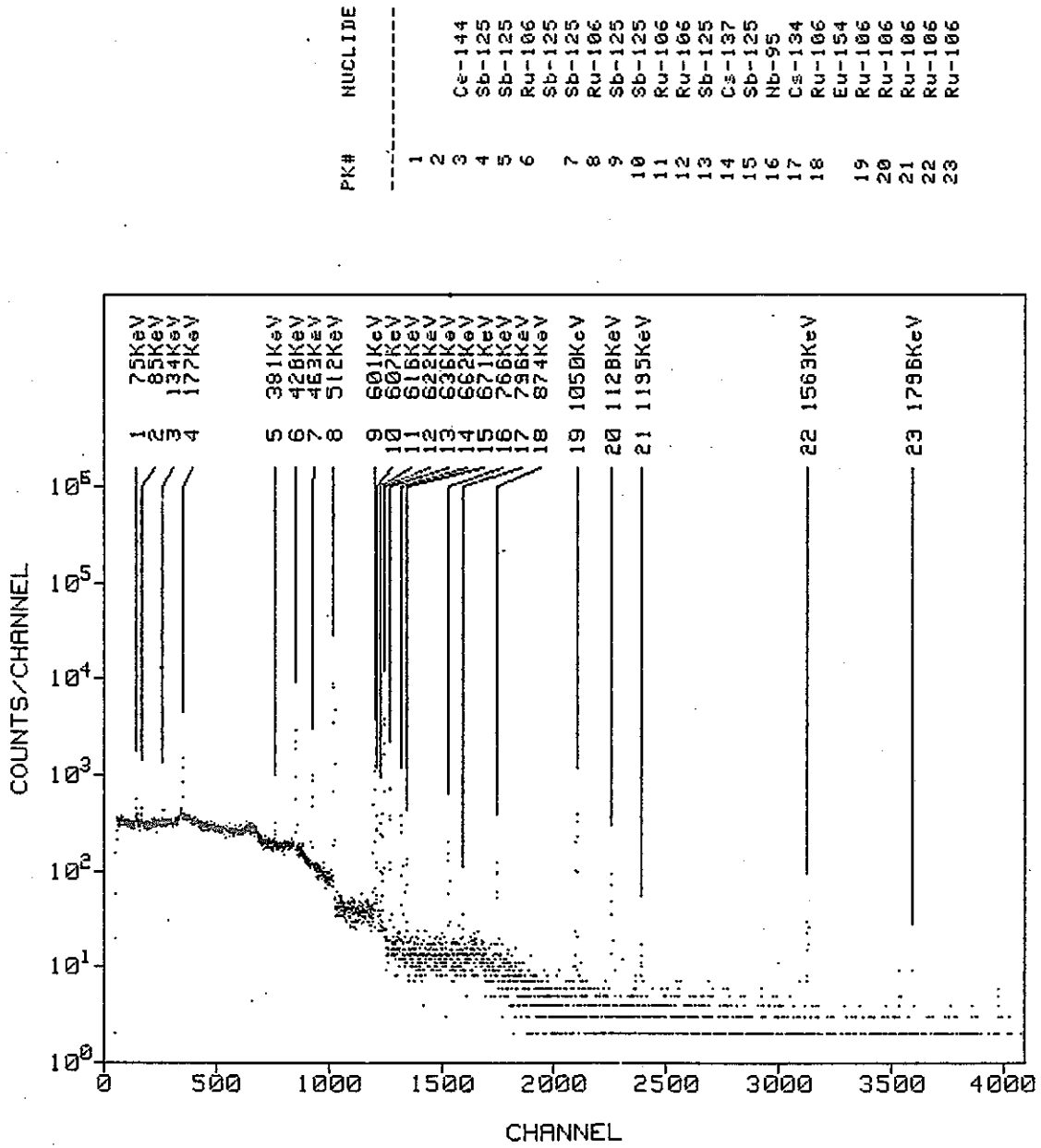


Fig. 4-34 γ -spectrum of filter-paper (center)

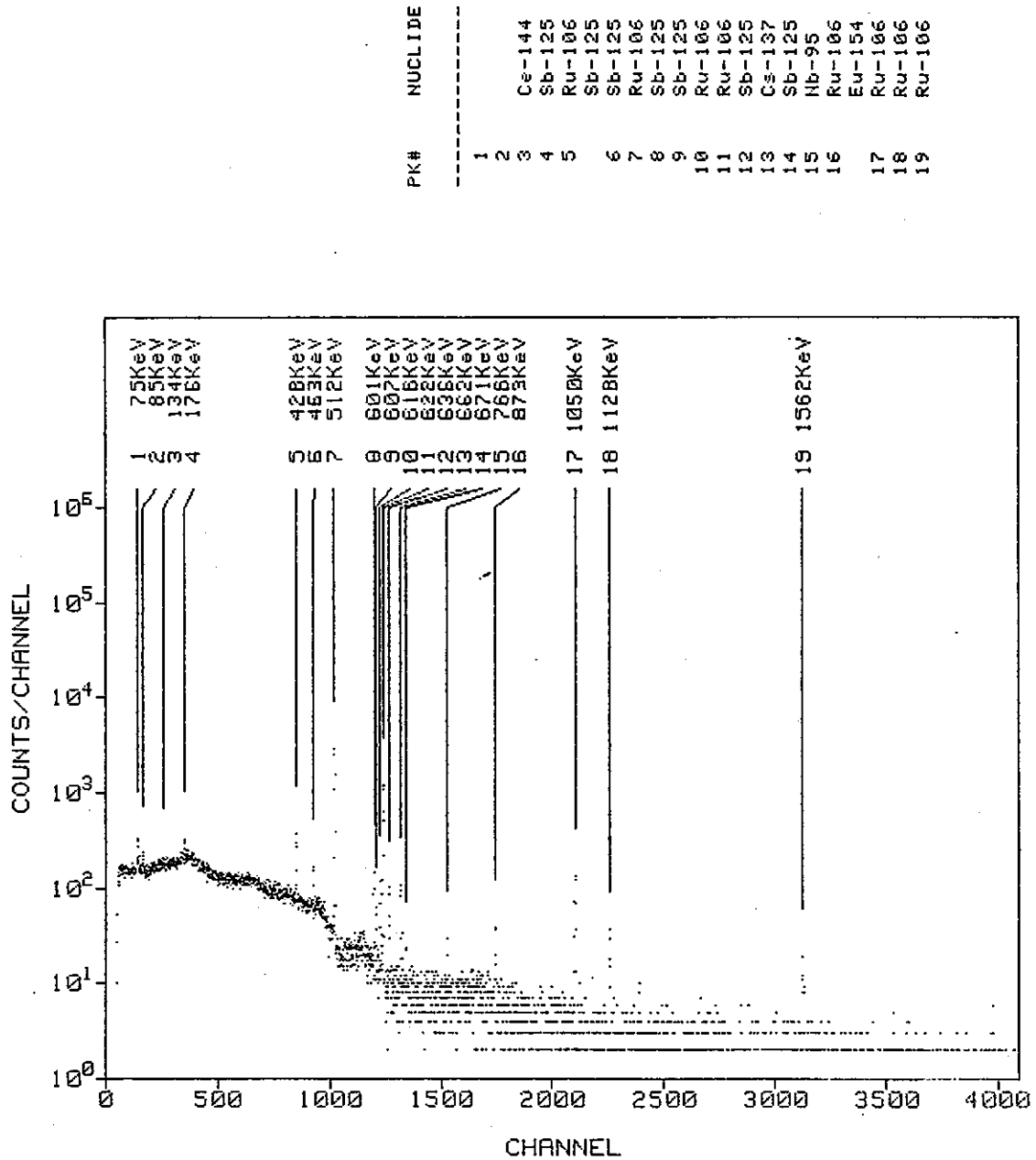


Fig. 4-35 γ -spectrum of filter-paper (bottom)

Table 5-11 Weights of undissolved residue

試験名(条件)	残渣量(g)
4-1ラン(90℃-3.5M)	0.713
4-2ラン(80℃-3.5M)	0.792
4-3ラン(70℃-3.5M)	0.785
4-4ラン(90℃-2.5M)	0.831
合計(4Pin)	3.121

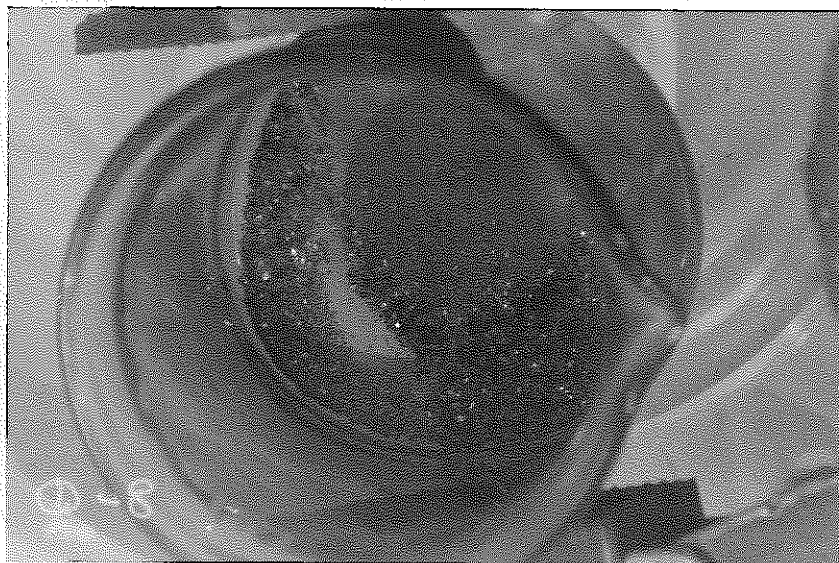


Photo 4-3 A view of undissolved residue

Table 4-12 Analytical results of rinsing solution of residue

試験名/核種		洗浄回数	1	2	3	4	5	6
4-1 ラン	U (g)		.0273	0	0	0		
	Pu (g)		.00793	.0028	.00252	.00414		
	Zr-95 (mCi)		.0468	.014	0	0		
	Nb-95 (")		.299	.238	.226	.441		
	Ru-103 (")		0	0	0	0		
	Ru-106 (")		7.67	3.36	2.8	4.86		
	Sb-125 (")		14.3	10.36	10.08	15.3		
	Cs-134 (")		.0975	.014	0	0		
	Cs-137 (")		1.56	.196	.0336	.0711		
	Ce-144 (")		2.21	.28	0	0		
	Eu-154 (")		0	0	0	0		
	Eu-155 (")		.156	0	0	0		
	Pr-144 (")		2.21	.28	0	0		
	Total (")		28.5493	14.742	13.1796	20.6721		
4-2 ラン	U (")		.0826	.0168	0	.0042	0	0
	Pu (")		.00868	.0084	.008694	.04186	.01218	.00828
	Zr-95 (mCi)		0	0	0	.154	0	0
	Nb-95 (")		0	0	0	.35	.21	.153
	Ru-103 (")		0	0	0	0	0	0
	Ru-106 (")		2.94	5.6	4.14	16.8	5.18	2.97
	Sb-125 (")		1.47	5.46	6.072	22.4	14	11.7
	Cs-134 (")		.28	0	0	0	0	0
	Cs-137 (")		4.9	1.4	.483	.924	.21	.18
	Ce-144 (")		6.79	1.82	.4968	1.036	.308	.099
	Eu-154 (")		0	0	0	0	0	0
	Eu-155 (")		.308	0	0	0	0	0
	Pr-144 (")		6.79	1.82	.4968	1.036	.308	.099
	Total (")		23.478	16.1	11.6886	42.7	20.216	15.201
4-3 ラン	U (g)		.084	.0532	.007	0	0	
	Pu (g)		.004025	.03556	.0091	.00266	.00144	
	Zr-95 (mCi)		0	.154	0	0	0	
	Nb-95 (")		0	.7	.644	.406	.296	
	Ru-103 (")		0	0	0	0	0	
	Ru-106 (")		1.54	40.6	15.4	6.02	4	
	Sb-125 (")		.385	42	28	11.76	6.96	
	Cs-134 (")		.2555	.308	0	0	0	
	Cs-137 (")		6.3	4.62	1.12	.322	.2	
	Ce-144 (")		6.65	6.58	1.4	0	.24	
	Eu-156 (")		0	0	0	0	0	
	Eu-155 (")		.2905	0	0	0	0	
	Pr-144 (")		6.65	6.58	1.4	0	.24	
	Total		22.071	101.542	47.964	18.508	11.936	
4-4 ラン	U (g)		.01215	0	0	0	0	
	Pu (g)		.00324	.00262	.00406	.0077	.00112	
	Zr-95 (")		0	0	0	0	0	
	Nb-95 (")		0	0	0	0	.077	
	Ru-103 (")		0	0	0	0	0	
	Ru-106 (")		.351	3.64	3.64	5.46	2.17	
	Sb-125 (")		.513	6.02	7.14	10.92	7.7	
	Cs-134 (")		0	0	0	0	0	
	Cs-137 (")		1.0125	.252	.21	.238	.112	
	Ce-144 (")		1.755	.294	.182	.28	.119	
	Eu-154 (")		0	0	0	0	0	
	Eu-155 (")		0	0	0	0	0	
	Pr-144 (")		1.755	.294	.182	.28	.119	
	Total		5.3865	10.5	11.354	17.178	10.297	

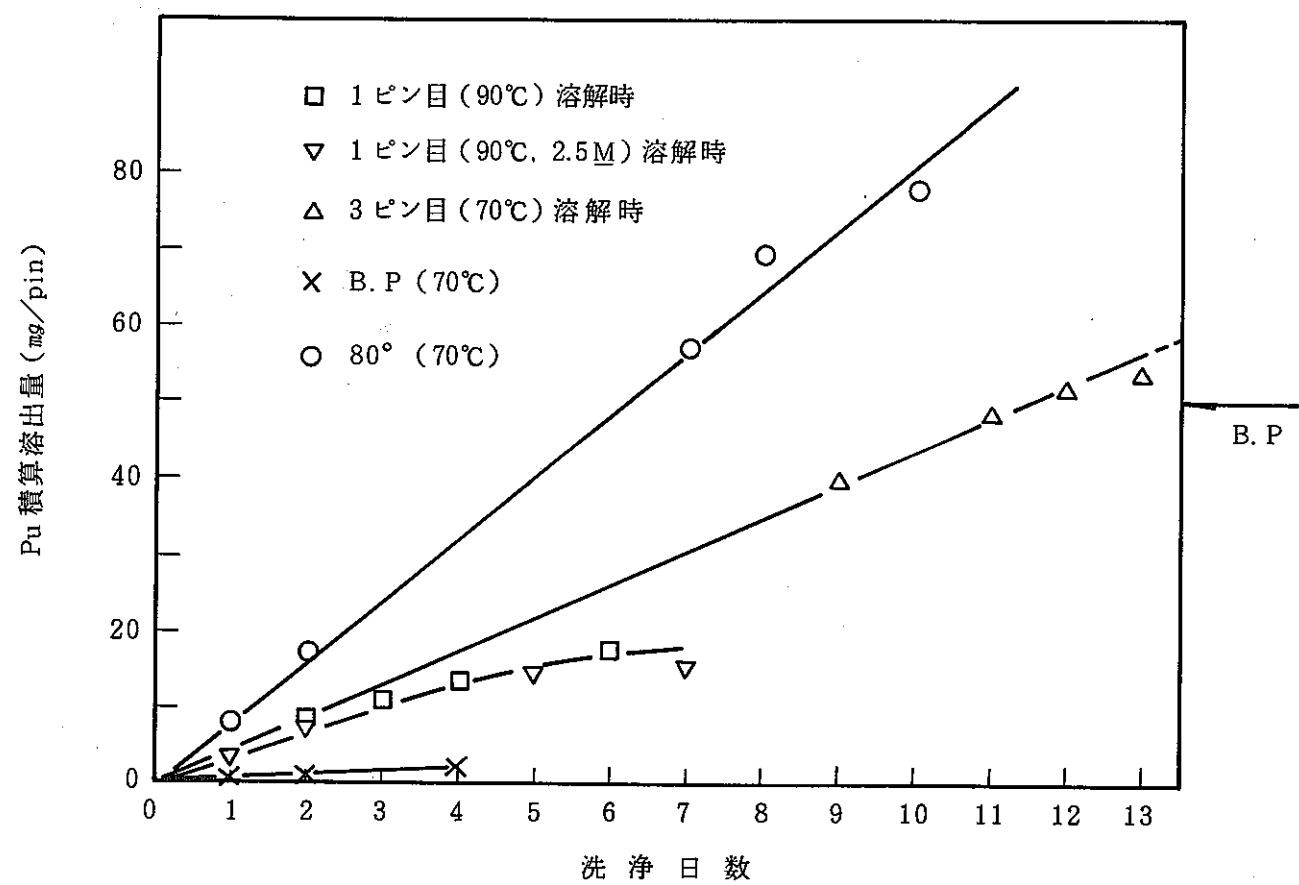


Fig. 4-36 Pu elution volume in the rinsing solution of residue (3M HNO₃, room temp)

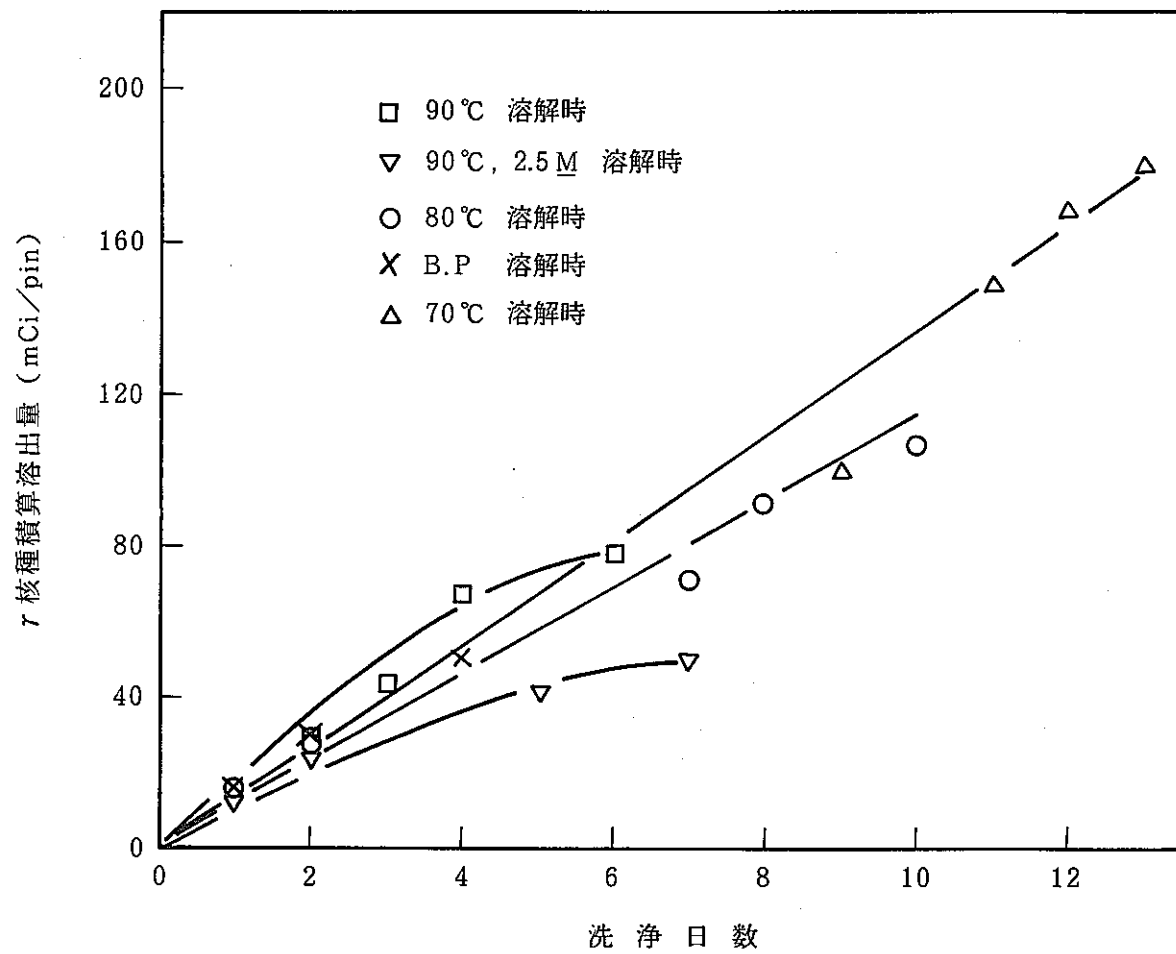
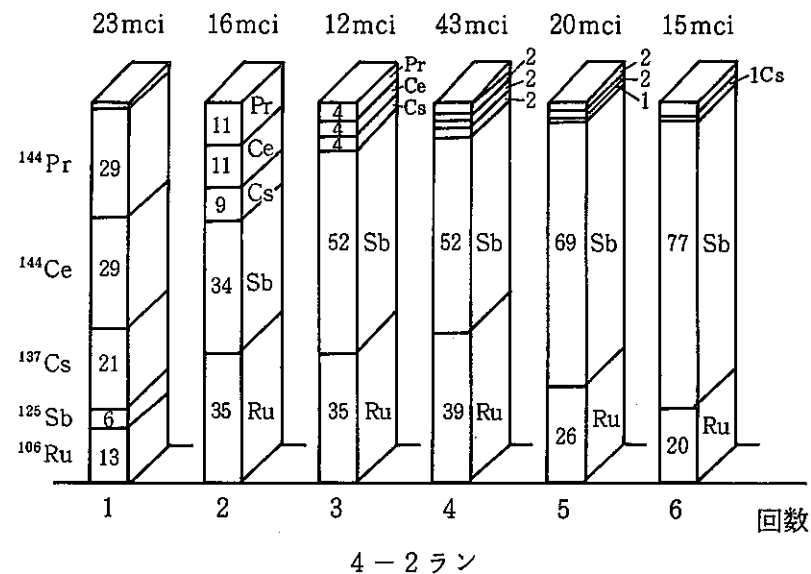
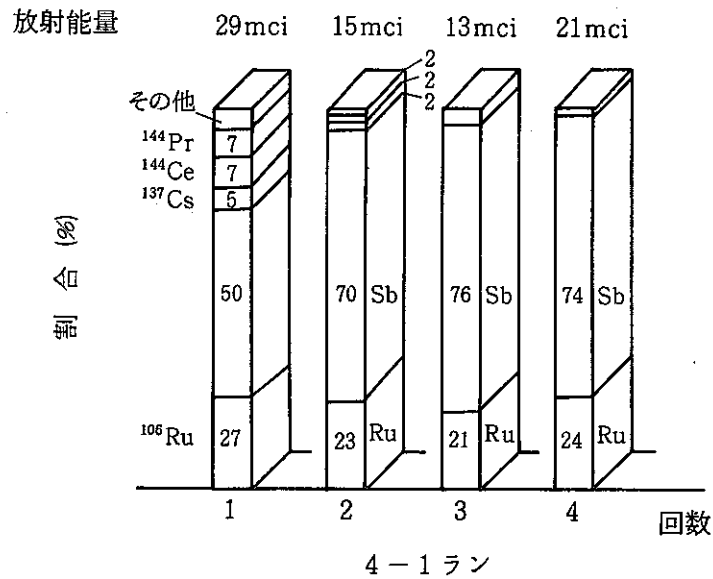


Fig. 4-37 Elution volume of γ -nuclides in the rinsing solution residue
(3M HNO₃, room temp)



—65—

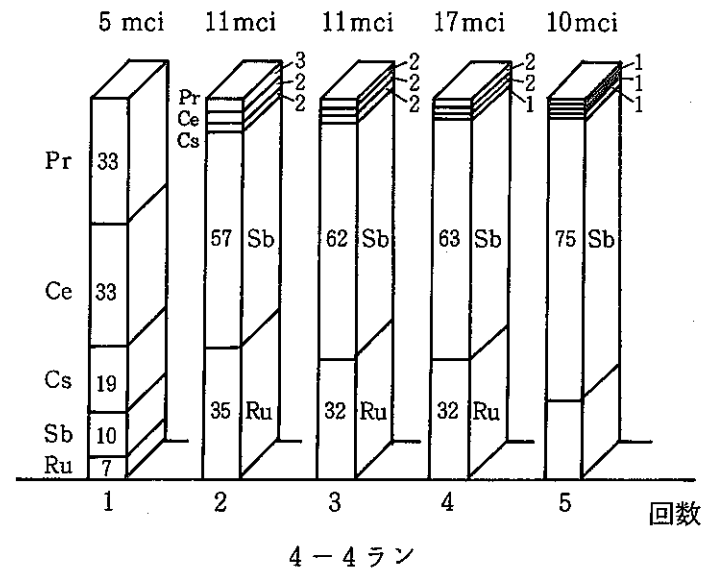
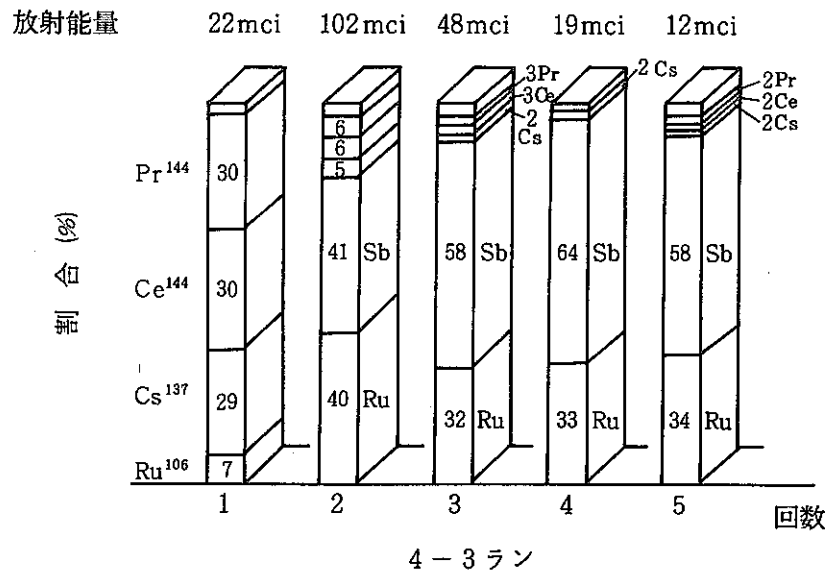


Fig. 4-38 Proportions of γ -nuclides in the rinsing solution of residue (3M HNO_3 , room temp)

Table 4-13 Analytical results of rinsing solution of dissolver

No	核種 (濃度)	溶解槽洗浄		核種 (量)	溶解槽洗浄	
		(I)	(II)		(I)	(II)
4-1 ラン	U (g/l)	3.33	.12	U (g)	5.328	.21
	Pu (g/l)	.163	.0066	Pu (g)	.2608	.01155
	H ⁺ (mol/l)	.67		H ⁺ (mol)		
	Zr-95 (mCi/l)	0	0	Zr-95 (mCi)	0	0
	Nb-95 (")	0	0	Nb-95 (")	0	0
	Ru-103 (")	0	0	Ru-103 (")	0	0
	Ru-106 (")	63	13	Ru-106 (")	100.8	22.75
	Sb-125 (")	19	3.1	Sb-125 (")	30.4	5.425
	Cs-134 (")	11	0	Cs-134 (")	17.6	0
	Cs-137 (")	190	5.4	Cs-137 (")	304	9.45
	Ce-144 (")	270	7.7	Ce-144 (")	432	13.475
	Eu-154 (")	1.3	0	Eu-154 (")	2.08	0
	Eu-155 (")	11	0	Eu-155 (")	17.6	0
	Total (")	835.3	36.9	Pr-144 (")	432	13.475
エキリョウ (")	1.6	1.75	Total (")	1336.48	64.575	
4-2 ラン	U (g/l)	4.46	.19	U (g)	8.7862	.3952
	Pu (g/l)	.218	.0098	Pu (g)	.42946	.020384
	H ⁺ (mol/l)	0		H ⁺ (mol)		
	Zr-95 (mCi/l)	0	0	Zr-95 (mCi)	0	0
	Nb-95 (")	0	0	Nb-95 (")	0	0
	Ru-103 (")	0	0	Ru-103 (")	0	0
	Ru-106 (")	65	9.1	Ru-106 (")	128.05	18.928
	Sb-125 (")	6.6	1.1	Sb-125 (")	13.002	2.288
	Cs-134 (")	15	0	Cs-134 (")	29.55	0
	Cs-137 (")	250	12	Cs-137 (")	492.5	24.96
	Ce-144 (")	350	17	Ce-144 (")	689.5	35.36
	Eu-154 (")	1.8	0	Eu-154 (")	3.546	0
	Eu-155 (")	1.5	0	Eu-155 (")	2.955	0
	Total (")	1039.9	56.2	Pr-144 (")	689.5	35.36
エキリョウ (l)	1.97	2.08	Total (")	2048.603	116.896	
4-3 ラン	U (g/l)	2.95	.2	U (g)	5.9	.3642
	Pu (g/l)	.153	.013	Pu (g)	.306	.023673
	H ⁺ (mol/l)	0		H ⁺ (mol)		
	Zr-95 (mCi/l)	0	0	Zr-95 (mCi)	0	0
	Nb-95 (")	.593	0	Nb-95 (")	1.186	0
	Ru-103 (")	0	0	Ru-103 (")	0	0
	Ru-106 (")	325	10	Ru-106 (")	650	18.21
	Sb-125 (")	13.8	1.07	Sb-125 (")	27.6	1.94847
	Cs-134 (")	1.16	.485	Cs-134 (")	2.32	.883185
	Cs-137 (")	200	8.28	Cs-137 (")	400	15.07788
	Ce-144 (")	288	13.9	Ce-144 (")	576	25.3119
	Eu-154 (")	1.19	0	Eu-154 (")	2.38	0
	Eu-155 (")	13.8	.519	Eu-155 (")	27.6	.945099
	Total (")	1131.543	48.154	Pr-144 (")	576	25.3119
エキリョウ (l)	2	1.821	Total (")	2268.086	87.68843	
4-4 ラン	U (g/l)	.95	0	U (g)	1.805	0
	Pu (g/l)	.042	.0014	Pu (g)	.0798	.002674
	H ⁺ (mol/l)	.33	.21	H ⁺ (mol)		
	Zr-95 (mCi/l)	0	0	Zr-95 (mCi)	0	0
	Nb-95 (")	.0638	.019	Nb-95 (")	.12122	.03629
	Ru-103 (")	0	0	Ru-103 (")	0	0
	Ru-106 (")	21.3	4.34	Ru-106 (")	40.47	8.2894
	Sb-125 (")	2.22	.629	Sb-125 (")	4.218	1.20139
	Cs-134 (")	3.3	.105	Cs-134 (")	6.27	.20055
	Cs-137 (")	53	1.67	Cs-137 (")	100.7	3.1897
	Ce-144 (")	71.5	2.23	Ce-144 (")	135.85	4.2593
	Eu-154 (")	.339	0	Eu-154 (")	.6441	0
	Eu-155 (")	3.67	.125	Eu-155 (")	6.978	.23875
	Total (")	226.8928	11.348	Pr-144 (")	135.85	4.2593
エキリョウ (l)	1.9	1.91	Total (")	431.0963	21.67468	

Table 4-14 Analytical results of hulls

	PK#	NUCLIDE	ENERGY (KeV)	EFF (%)	YIELD (%)	DECAY C.	ACTIVITY (pCi/unit)	ERROR (%)
4 1 1	4	Ce-144	133.59	.00	11.10	1.00E+00	2.144E+08	15.64
	6	Ru-106	511.77	.00	19.00	1.00E+00	8.464E+08	2.95
	7	Ru-106	622.01	.00	9.78	1.00E+00	7.339E+08	8.36
	8	Cs-137	661.55	.00	85.00	1.00E+00	3.014E+08	2.00
	9	Cs-134	795.77	.00	85.44	1.00E+00	2.069E+07	15.46
	10	Co-58	810.80	.00	99.44	1.00E+00	3.712E+07	8.01
	11	Mn-54	834.75	.00	100.00	1.00E+00	1.153E+10	.18
	12	Ru-106	1050.23	.00	1.60	1.00E+00	7.126E+08	17.49
	13	Co-60	1173.18	.00	100.00	1.00E+00	7.621E+08	.79
	14	Co-60	1332.43	.00	100.00	1.00E+00	7.869E+08	.78
4 1 2	4	Ce-144	133.63	.00	11.10	1.00E+00	4.307E+07	47.55
	6	Ru-106	511.88	.00	19.00	1.00E+00	3.555E+08	4.43
	7	Cs-134	604.82	.00	97.56	1.00E+00	1.498E+07	24.05
	8	Ru-106	622.17	.00	9.78	1.00E+00	3.542E+08	10.81
	9	Cs-137	661.68	.00	85.00	1.00E+00	1.839E+08	2.24
	10	Cs-134	795.89	.00	85.44	1.00E+00	1.448E+07	14.84
	11	Co-58	810.81	.00	99.44	1.00E+00	1.387E+07	13.48
	12	Mn-54	834.88	.00	100.00	1.00E+00	4.411E+09	.29
	13	Co-60	1173.32	.00	100.00	1.00E+00	3.445E+08	1.16
	14	Co-60	1332.57	.00	100.00	1.00E+00	3.498E+08	1.16
4 1 3	4	Ce-144	133.56	.00	11.10	1.00E+00	1.958E+08	14.45
	6	Ru-106	511.83	.00	19.00	1.00E+00	5.951E+08	3.51
	7	Cs-134	604.49	.00	97.56	1.00E+00	2.339E+07	20.55
	8	Ru-106	622.06	.00	9.78	1.00E+00	5.557E+08	9.16
	9	Cs-137	661.63	.00	85.00	1.00E+00	4.858E+08	1.23
	10	Cs-134	795.95	.00	85.44	1.00E+00	3.260E+07	8.35
	11	Co-58	810.73	.00	99.44	1.00E+00	2.387E+07	10.05
	12	Mn-54	834.83	.00	100.00	1.00E+00	8.036E+09	.22
	13	Ru-106	1050.20	.00	1.60	1.00E+00	5.510E+08	17.14
	14	Co-60	1173.25	.00	100.00	1.00E+00	4.172E+08	1.06
15	Co-60	1332.53	.00	100.00	1.00E+00	4.288E+08	1.05	
4 1 4	4	Ce-144	133.55	.00	11.10	1.00E+00	2.646E+08	14.34
	5	Sb-125	176.64	.00	6.81	1.00E+00	1.575E+08	29.44
	7	Ru-106	511.79	.00	19.00	1.00E+00	7.285E+09	.55
	8	Ru-106	621.95	.00	9.78	1.00E+00	6.938E+09	1.08
	9	Cs-137	661.57	.00	85.00	1.00E+00	3.526E+08	1.74
	10	Cs-134	795.76	.00	85.44	1.00E+00	2.957E+07	11.29
	11	Co-58	810.56	.00	99.44	1.00E+00	3.315E+07	9.03
	12	Mn-54	834.75	.00	100.00	1.00E+00	1.052E+10	.19
	14	Ru-106	1050.35	.00	1.60	1.00E+00	6.704E+09	2.69
	15	Ru-106	1128.04	.00	.42	1.00E+00	6.651E+09	7.20
16	Co-60	1173.18	.00	100.00	1.00E+00	7.575E+08	.79	
17	Co-60	1332.48	.00	100.00	1.00E+00	7.792E+08	.79	
18	Ru-106	1562.23	.00	.17	1.00E+00	6.454E+09	8.76	
20	Ru-106	1766.25	.00	.83	1.00E+00	7.246E+09	24.19	

DECAY TIME= 0.08 CALIBRATION COEFFICIENTS
 SAMPLE VOLUME= 1.0 (Low) $\log(\text{Eff}) = C0 + C1 * \log(E) + C2 * (\log(E))^2$
 (High) $\log(\text{Eff}) = C3 + C4 * \log(E)$
 C0 = -2.3130E+01
 C1 = 1.6553E+01
 C2 = -3.5543E+00
 C3 = -2.6927E+00
 C4 = -4.92936E-01
 Knee E = 250.0 (KeV)

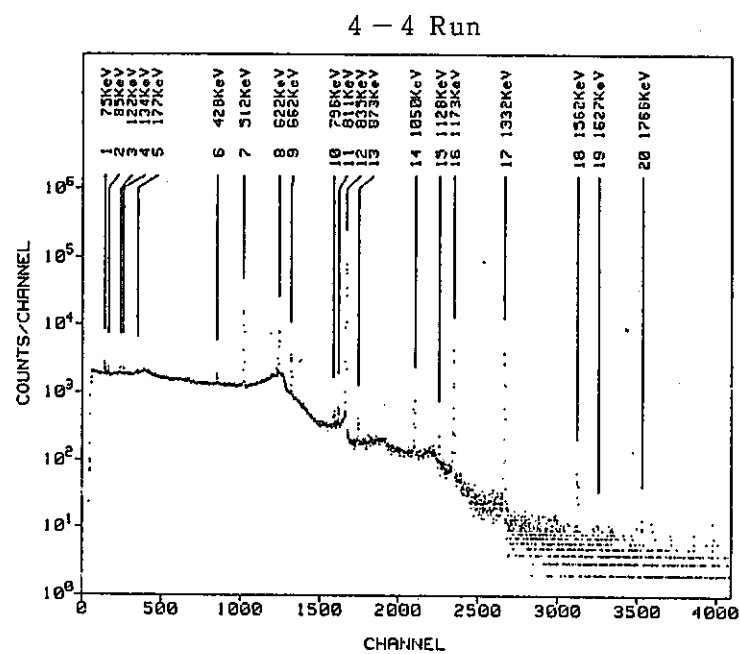
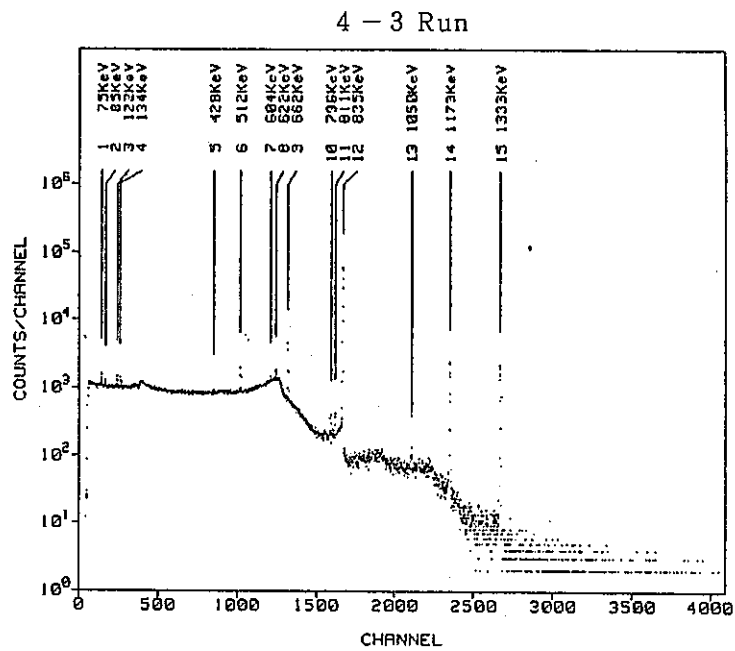
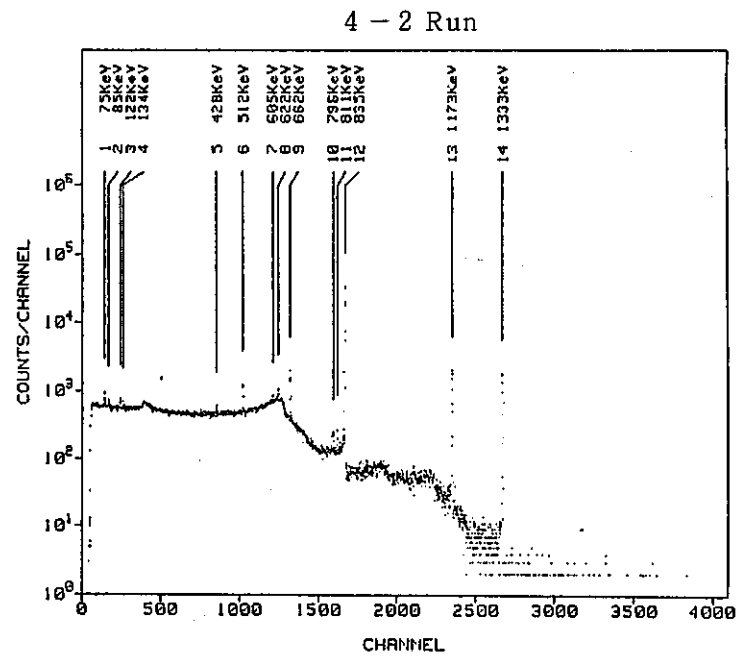
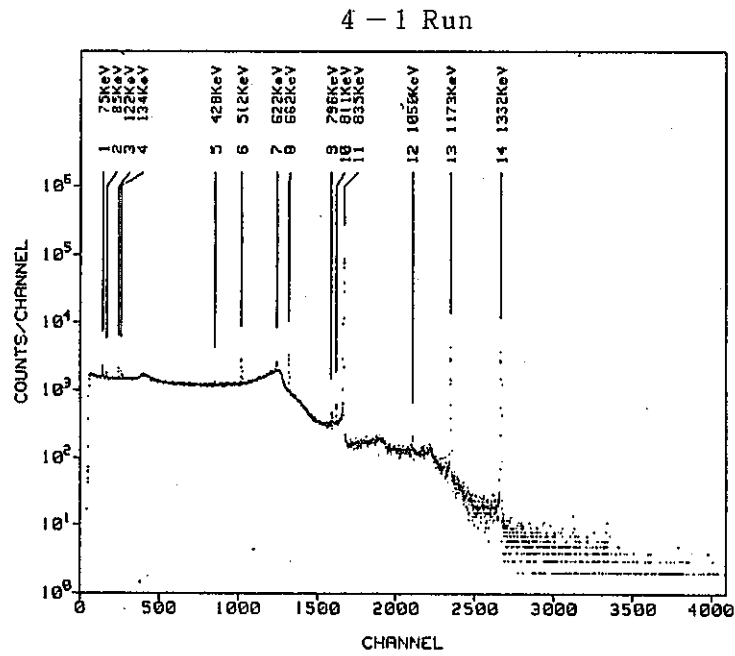


Fig. 4-39 γ -spectrums of hulls