

N-841-76-48

本資料は 年 月 日付で登録区分、

変更する。 2001.6.20

〔技術情報室〕

高レベル放射性廃液の群分離に関する研究

第2報 D2EHPAおよびD2EHPA-M2EHPA
混合溶媒による抽出試験

Studies of the partitioning of high-level liquid wastes.

NO. 2

Extracion by D2EHPA and D2EHPA-M2EHPA mixed solvent.

1976年12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

N 841-76-48
1976年12月

四分之一
2004.6.20
変更表示

高レベル放射性廃液の群分離に関する研究

第2報 D2EHPA および D2EHPA-M2EHPA

混合溶媒による抽出試験

Studies of the Partitioning of High-Level
Liquid Wastes

No. 2

Extraction by D2EHPA and D2EHPA-M2EHPA
Mixed Solvent

技術部

実施責任者

堤 健一

片山 博*

角田 直己

報告者

根本 慎一

小林 洋昭

佐々木 憲明

都築 清次

池田 諭志

期間 1974年4月1日～1976年8月31日

目的 核燃料再処理工場の稼動に伴って発生する高放射性廃液の中に含まれる放射性核種をその半減期に応じいくつかの群に区分（群分離）することの可能性を検討するため、アメリシウム、セリウム、ストロンチウム、セシウム等のトレーサーを添加した模擬高放射性廃液を用いて、溶媒抽出法による分離試験を行なう。

要旨 この試験は、動燃再処理工場と同様な Purex 工程から発生する高放射性廃液を対象として行なった。

動燃の再処理プロセスでは、ウラン、プルトニウムのみ回収し、アメリシウム、ネプツニウム等の超ウラン元素は、全て高放射性廃液に混入する。また、第1抽出工程（共除染工程）で使用した TBP を洗浄する Na_2CO_3 の一部も高放射性廃液中に混入し、その Na 濃度は約 1 mol/l 程度となることが推定される。

* 現在、住友金属鉱山(株)東海事務所

このような廃液から超ウラン元素（Am, Cm等 α 線放射核種）を分離するため、D2EHPA および混合溶媒（D2EHPA, M2EHPA）を用いて、硝酸系におけるこれらの元素の抽出挙動の把握を、バッチ抽出試験および連続抽出試験によって行なった。その結果、これらの溶媒を組合せた工程を適用することによって、高放射性廃液からアメリシウムを分離することが可能であることが判明した。

目 次

1. まえがき	1
2. 実験方法	2
2.1 バッチ抽出	2
2.2 連続抽出	3
3. 分析方法	4
4. 結果および考察	5
4.1 バッチ抽出実験	5
4.2 連続抽出実験	10
5. まとめ	15
6. 謝辞	16
7. 参考文献	16
8. Appendix	17

1. ま　え　が　き

第1報で述べたように、高放射性廃液の中に含まれる放射性核種をその半減期別に分離すること、特に寿命の長い超ウラン元素を分離することのためには多くの技術的な問題がある。

それらの中でも一番最初に解決しなくてはならないものは、分離の方法として最も有望視されている溶媒抽出法、あるいはイオン交換法のいずれに対しても、目的の核種を所要の回収率でもって分離できる媒体（有機溶媒あるいはイオン交換体）の選択とプロセスの開発であると考えられる。

そこで、上記2種類の分離方法の中でも、特に我々の技術的経験の深い溶媒抽出法を選び、動燃再処理工場から発生すると予想される高放射性廃液を模擬した合成廃液を用いて、種々の元素の抽出実験を開始した。抽出には、同様の研究のために Karlsruhe⁽¹⁾ で用いられている D 2 EHPA 系有機溶媒を第1に選んだ。

なお、抽出プロセスの開発条件として、特に次の点に留意している。

- (1) 高放射性廃液の HNO_3 濃度を変えることなく処理が可能な方法であること
- (2) 副次的に廃棄物（特に金属元素）を発生させない方法であること
- (3) 工程は単純であること
- (4) 群分離処理後行なわれる固化処理を阻害しないこと
- (5) α 放射性核種の回収に重点を置いたこと、即ち α 放射性成分の純度はあまり問題にせず、短半減期成分中に α 放射性成分が混入しない方法であること。

ここでは、バッチ抽出試験および連続抽出試験によって得られた種々の元素の抽出挙動について報告する。

2. 実験方法

2.1 バッチ抽出

バッチ抽出実験は全て室温で行なった。水相の HNO_3 濃度は 0.1 N ~ 10.0 N とし、単一成分の金属元素はトレーサ量から 0.1 mol/l までの濃度のものを用いた。この濃度範囲は表 1 に示す濃度をカバーしている。抽出用有機溶媒 (D2EHPA) としては、一部エチレングリコール・エーテル抽出法⁽²⁾により精製した D2EHPA (大八化学製)，さらにこの溶媒に第 3 相形成防止のために TBP を加えた溶媒，ならびに D2EHPA および M2EHPA が等モル混合している混合溶媒 (mixed solvent) の 3 種類を、それぞれ n-ドデカンで 5 v/o ~ 30 v/o に希釈したものを使用した。実験では、各種トレーサー単独系 (HNO_3 水溶液) について、D2EHPA および混合溶媒に対する各種元素の分配係数を求めた。試料の水相 1 ~ 2 ml と抽出溶媒 1 ~ 2 ml とを 5 分間振とうし、高速遠心分離機ですばやく相分離（水相 - 有機相）を行ない、次に各相から必要量 (0.1 ~ 1 ml) サンプリングして γ 線および α 線計測あるいは化学的分析法によって各元素の濃度を定量した。

アメリシウム - 希土類分離試験においては、あらかじめアメリシウム、セリウム、ユーロピウムを抽出した溶媒を用い、DTPA 溶液 ($\text{pH} = 1 \sim 5$, NaNO_3 又は NH_4NO_3 , 乳酸-乳酸ナトリウムを含む) を加えた場合の各元素の抽出係数および分離係数を求めた。

(1) モリブデン、ジルコニウム、ウランのバッチ抽出試験

①モリブデン、ジルコニウム

抽出実験には、市販特級のモリブデン酸ナトリウム (Na_2MoO_4)、硝酸ジルコニウム ($\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2$) を硝酸に溶解したのち、所定の濃度に調整して用いた。抽出溶媒としては、5 v/o D2EHPA (TBP を含む) - n-ドデカンを使用した。Mo 又は Zr を含む試料数 ml を 10 ml ポリエチレン容器に入れ、等量又は少量の抽出溶媒で抽出した後、分光光度法により有機相、水相中の濃度を定量し分配係数を求めた。

②ウラン

硝酸ウラニル ($\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$) 結晶を硝酸に溶解し、抽出溶媒で抽出した後、DBM 法により有機相、水相中のウランを定量し分配係数を求めた。

(2) アメリシウム、キュリウム、セリウム、ユーロピウム、セシウム、ストロンチウムのバッチ抽出試験

実験に用いた元素は、 Am^{241} , Am^{243} , Cm^{244} , Ce^{144} , Eu^{152} , Cs^{137} , Sr^{85} などの放射性同

位体である。これらの同位体は塩酸塩として入荷したため、次の手法によって硝酸塩に変換して抽出実験に用いた。

塩酸塩水溶液をコニカルビーカーに移し、乾固するまでヒーター上でゆっくりと加熱した。冷却したのち conc. HNO_3 約 5 ml を加え再溶解し、引き続きヒーターで加熱蒸発を行ない再乾固した。この操作を 3 回くり返したのち希硝酸に溶解し、さらに蒸発乾固を行ない、冷却後、硝酸濃度 1 N の溶液に溶解し放射能濃度を測定し、実験用として保存した。なお Am, Cm 以外の元素については、この操作過程で少量の安定同位体を加えた。

2.2 連続抽出

放射性同位体 (RI) (Am^{241} , Ce^{144} , Cs^{137} , Sr^{85}) を用いた連続抽出試験には、実験室用小型ミキサセトラ (Sonal 社製, Cyrano 型、ミキサ部 6 ml / 段、セトラ部 17 ml / 段、段数 16) を 2 台ないし 3 台フード内に設置して使用した。RI を含まないコールド実験には、2 台の同型ミキサセトラを実験台上に設置して使用した。模擬廃液、抽出液、洗浄液等は小型微量定量ポンプ (東京理化器製 MP-1011) を用いてミキサセトラに供給した。それぞれの流量は自動流量測定装置を用い連続的に測定した。なお、給液用配管は 3 mm φ の SUS 304 パイプである。ミキサセトラ用のモーターには国産インダクションモーターを用いた。ミキシング部ペラ回転数は 2000 rpm となるように調整した。

試験はまず、流量の調整、セトラ部の界面の調整を充分に行なうために RI トレーサーを含まない模擬廃液によるコールド運転を数時間行ない、各調整部が安定に達したのちに、アメリシウム等 RI トレーサーを含む運転に切換えた。ミキサセトラ出口 (有機相、水相) の RI 濃度は、15~30 分間隔でサンプリングし γ 計測を行なって求めた。まず γ 計測によって給液および出口液中のトレーサー物質収支がとれたことを確認し、さらに 2~3 時間の安定運転を続けたのち、給液ポンプ、ミキサセトラを止め、各段のセトラ部から有機相、水相をそれぞれ約 10 ml ピペットでサンプリングして試料中のトレーサー濃度を分析し、ミキサセトラ内の濃度プロファイルを求めた。

3. 分析方法

(1) ジルコニウムの微量定量法

アリザリンS直接法（5ml法，25ml法）を用いた。

(2) モリブデンの微量定量法

チオシアノ酸法を用いた。

(3) ウランの微量定量法

DBM直接法を用いた。

(4) D2EHPA およびM2EHPAの定量法

中和滴定法を用いた。

(5) RI定量法

γ 線又は α 線計測法を用いた。

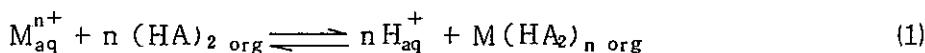
これらの分析方法の詳細および分析装置については、Appendixに示した。

4. 結果および考察

4.1 バッチ抽出実験

(1) 抽出機構

D₂EHPAは一般的に次式のような陽イオン交換反応⁽¹⁾⁽³⁾によって水相中の金属イオンを抽出する。



ここでMは金属イオン、HAはD₂EHPA、nは金属イオンの原子価、さらにaq、orgは水相および有機相を示す。なおD₂EHPA溶媒は(HA)₂と示したが、これはD₂EHPAがケロシン、ドデカン等無極性溶媒中において2量体（ときには3量体）として存在するといわれているためである。(1)式より抽出平衡定数(K)は

$$K = \frac{[H_{aq}^+]^n \cdot [M(HA_2)_n]_{org}}{[(HA)_2]_{org}^n \cdot [M^{n+}]_{aq}} \quad , \quad \dots \dots \quad (2)$$

一方、分配係数(KD)は

$$KD = \frac{[M(HA_2)_n]_{org}}{[M^{n+}]_{aq}} \quad , \quad \dots \dots \quad (3)$$

と示すことができる。KとKDの関係式は

$$K = KD \cdot [H_{aq}^+]^n \cdot [(HA)_2]_{org}^{-n} \quad , \quad \dots \dots \quad (4)$$

または

$$KD = K \cdot [H_{aq}^+]^{-n} \cdot [(HA)_2]_{org}^n \quad , \quad \dots \dots \quad (5)$$

と書くことができるから

$$\log KD = -n \log [H_{aq}^+] + n \log [(HA)_2]_{org} + \log K \quad , \quad \dots \dots \quad (6)$$

となる。

(6)式から分配係数(KD)は、水相中の酸濃度に対し、両対数グラフにおいて-nの勾配を持ち、一方抽出溶媒(D₂EHPA)の濃度に対してはnの正の勾配を持ち、直線となることがわかる。

(2) M(I), M(II)元素(Cs, Sr)の抽出試験

Cs, Srの硝酸系におけるD₂EHPA/n-ドデカン抽出試験の結果を表-2にまとめた。また、混合溶媒による両元素の抽出試験結果を表-3に示した。

表-2、表-3は、Cs-137、Sr-85トレーサーを用い、水相中の硝酸濃度を0.1Nで一定とし、抽出溶媒濃度を5v/o～30v/oまで変化させた場合、および溶媒濃度を一定とし水相中の硝酸濃度を0.1～1.0Nまでえた場合についての抽出係数を測定した結果である。なお、水相中に添加したトレーサーは微量濃度であるため、抽出反応における水相中の硝酸あるいは有機相中のD2EHPA濃度の変化は無視した。

表-2、表-3の結果を図示すると、図-4、図-5、図-6、図-7となる。両者の関係は両対数上に直線性が成立し、それらの勾配をまとめると次のようになる。

D2EHPAによるCs、Srの抽出

元素	D2EHPAに対する KDの勾配	酸濃度に対する KDの勾配	K(D2EHPAは 単分子として計算)
Cs	2.14	-1.05	1.14×10^{-4}
Sr	2.27	-2.14	1.33×10^{-4}

一方、混合溶媒でのCs、Sr抽出反応をまとめると次のようになる。

混合溶媒によるCs、Srの抽出

元素	混合溶媒に対する KDの勾配	酸濃度に対する KDの勾配	K
Cs	1.22	1.13	0.177
Sr	2.29	2.13	0.0552

これらの結果から、実験条件範囲(有機溶媒5v/o～10v/o、硝酸濃度0.1～1.0N)においては、Cs、SrはそれぞれCs⁺、Sr²⁺の形で抽出され、D2EHPAに比べ混合溶媒の方に抽出されやすいが、水相中の硝酸濃度が1N～2Nの条件においては、いずれの溶媒にも非常に抽出されにくいことがわかる。

(3) M(III)元素(Am、Cm、Ce、Eu)の抽出試験

抽出試験の結果を表-4～表-11に示した。図-8、図-9は表を図示したものである。これらをまとめると次表が得られる。

D2EHPAによる抽出

元素	D2EHPAに対するKDの勾配	酸濃度に対するKDの勾配
Am	2.85	-2.45
Cm	2.76	-2.33
Ce	-	-
Eu	-	-2.59

混合溶媒による抽出

元素	混合溶媒に対するKDの勾配	酸濃度に対するKDの勾配
Am	0.990	-2.70
Cm	0.830	-2.84
Ce	0.802	-3.23
Eu	-	-2.59

また、結果は見かけ上次の反応式と見なすことができる。

D2EHPAの場合は(1)式と同様に



$$\log KD = -3\log(H^+) + 3\log(HA_2) + \log K$$

混合溶媒については



$$\log KD = -3\log(H^+) + \log(HA_x) + \log K$$

したがって混合溶媒と M^{3+} の抽出反応は、D2EHPAのそれとは異なり溶媒の濃度の対数はKDの対数のほぼ1剰に比例する。

表-7に示した結果は、このような溶媒で3価の元素を抽出するさいNaの存在によって、どの程度の影響が抽出性に表われるかを調べたものである。

図-12はD2EHPA、図-13は混合溶媒による結果を図示したものである。両溶媒とも水相中の各酸濃度に対し、Naの濃度が高くなるにつれてKDは低下している。この傾向はD2EHPAより混合溶媒の方について著しく表われている。

表-8、11はD2EHPAおよび混合溶媒を抽出剤とし、水相中のM(III)元素(Ce)を $10^{-6}M$ ~ $10^{-1}M$ まで変化させた場合の抽出曲線(平衡曲線)を求めた結果である。水相中のM(III)元素濃度をしだいに高くし、Henry領域を過ぎると有機相に抽出される量はほぼ一定となる傾向がある。その濃度はD2EHPAより混合溶媒の方が高く、水相中の酸濃度については低い方がより抽出性が高い。

(4) Mo, Zr, UのD2EHPAによる抽出

Mo, Zr, UのHNO₃系におけるD2EHPAによる抽出結果を表-12～14および図-14～18に示した。D2EHPAにはTBPを当容量を加え抽出溶媒とした。なお使用した試薬はモリブデン酸ナトリウム、硝酸ジルコニル、硝酸ウラニルである。

図-14・16・17は水相中に含まれるMo, Zr, Uの濃度を増大させた場合、D2EHPA(+TBP)に抽出される量を平衡時の有機相、水相の濃度でプロットしたものである。また、図-18については、水相中の硝酸濃度が0.1N～10N条件でMoの抽出を測定したものである。

この結果から、これらの3元素はD2EHPAに対してAm等3価の元素より高い抽出性を示すのが認められる。

(5) 混合溶媒によるCe(III)の抽出

抽出溶媒(混合溶媒)の濃度を0.0188M～0.753M、水相中のHNO₃濃度を0.4N、Ce濃度を0.2Mとした場合、抽出されたCeの濃度と溶媒濃度の比を求めた結果を表-15、図-19に示す。比は、溶媒の濃度には関係なく一定であることが分かる。

(6) D2EHPAによるNpの抽出⁽⁴⁾

Npは希硝酸中においてNp(V)とNp(VI)の両原子価で存在することはすでに知られている。表-16、図-20に示した結果は、Np(V), (VI)の共存する試料をD2EHPAで抽出サイクルをくり返し、Np(V)のKDを求めたものおよび酸化剤としてCr⁶⁺を約10倍量加えて、Npを全て6価にした場合の抽出係数を求めたものである。その結果 Np(VI) KD=70, Np(V) KD=0.054であり、D2EHPAはNp(VI)に対しては著しい抽出性を示すがNp(V)に対してはほとんど抽出しないことがわかる。Np(V), Np(VI)が共存する系での両者の比は、次の方法によって求めることができる。なお図-21にはD2EHPAを用いたAm²⁴³からのNp²³⁹のミルキング法を示した。

Np(VI)およびNp(V)が共存する系から、D2EHPAによってNpを抽出する場合それぞれKDは、Np(VI) >> Np(V)であるためあらかじめ含まれるNp(V)/Np(VI)のratioによってTotal KD値が変化する。実際に測定するのはこのTotal KDであるから、次のようにして水相中のNp(VI)とNp(V)を求める。

$$\text{水相中のNp(VI)} = \text{Np(VI)}_x$$

$$\text{有機相中のNp(VI)} = \text{Np(VI)}_y$$

$$\text{水相中のNp(V)} = \text{Np(V)}_x$$

$$\text{有機相中のNp(V)} = \text{Np(V)}_y$$

とすると Total KDは次式によって示すことができる。

$$KD = \frac{Np(VI)_y + Np(V)_y}{Np(VI)_x + Np(V)_x}$$

一方、各原子価のKDは、

$$KD(VI) = \frac{Np(VI)_y}{Np(VI)_x} \quad KD(V) = \frac{Np(V)_y}{Np(V)_x}$$

であるから、

$$KD = \frac{KD(VI) \cdot Np(VI)_x + KD(V) \cdot Np(V)_x}{Np(VI)_x + Np(V)_x} \quad \text{となる。}$$

また、水相中の $N_p(V)_x$ と $N_p(VI)_x$ の ratio を α と定義すると

$$\alpha = \frac{Np(V)_x}{Np(VI)_x}$$

とし、上記を書き換えると

$$KD = \frac{KD(VI) \cdot Np(VI)_x + KD(V) \cdot \alpha \cdot Np(VI)_x}{Np(VI)_x + \alpha \cdot Np(VI)_x}$$

$$= \frac{Np(VI)_x (KD(VI) + \alpha \cdot KD(V))}{Np(VI)_x \cdot (1 + \alpha)}$$

つまり、

$$\alpha = \frac{KD(VI) - KD}{KD - KD(V)} \quad \text{となる。}$$

$$KD(V) = \frac{Np(V)_y}{Np(V)_x}$$

$$Np(V)_y = KD(V) \cdot Np(V)_x$$

ここで、 $\beta = Np(V)_T / Np(VI)_T$ と定義すると ($N_p(V)_T$, $N_p(VI)_T$ とは Total の(V), (VI)を表す)

$$Np(V)_T = Np(V)_y + Np(V)_x = Np(V)_x (KD(V) + 1)$$

$$Np(VI)_T = Np(VI)_y + Np(VI)_x = Np(VI)_x (KD(VI) + 1)$$

であるから

$$\beta = Np(V)_T / Np(VI)_T = \frac{(KD(V) + 1) Np(V)_x}{(KD(VI) + 1) Np(VI)_x} = \alpha \cdot \frac{(KD(V) + 1)}{(KD(VI) + 1)}$$

$$\alpha = \frac{Np(V)_x}{Np(VI)_x}$$

また、 $Np(VI)_T$ の占める割合は (Np_T とは Total Np を表わす)

$$\frac{Np(VI)_T}{Np_T} = \frac{Np(VI)_T}{Np(V)_T + Np(VI)_T} = \frac{Np(VI)_T}{Np(VI)_T \cdot (\beta + 1)} = \frac{1}{\beta + 1}$$

(7) 混合溶媒からのアメリシウム-セリウムの分離逆抽出

Am-希土類元素の分離はオークリッジ⁽⁵⁾およびカールスルーエ⁽¹¹⁾で行なわれており、Am回収プロセスではいずれも DTPA (diethylene triamine penta acetate) が用いられている。

DTPA は、Am、希土類元素とキレート化合物を作る。

表-17-2 および図-22 は、pH 3 の条件下で DTPA 濃度を変えたときの Am、Eu の混合溶媒に対する抽出係数を示したものである。この結果から DTPA と Am、Eu 等はおよそ 1 : 1 で反応し $[M^{3+}(DTPA)]^{2-}$ の錯イオン (キレート化合物) を形成すると考えられる。また、表-17-1 および図-23 は水相中に NH_4NO_3 1 M、乳酸 1 M、DTPA 0.05 M を添加し、pH = 1 ~ 5 の条件下求めた混合溶媒に対する Am、Ce、Eu の抽出曲線である。表-17-1 (図-23) からわかるように最も分離係数の大きい pH の範囲は 2.5 ~ 3.5 である。

表-18、図-24 は水相中の NH_4NO_3 を $NaNO_3$ に換え同一条件で行なった実験の結果である。この場合も各分離係数が最大となるのは pH 3 程度のときである。

表-19、表-20 および図-25、図-26 は、分離係数が最大値を示す pH 条件 (pH = 3) で NH_4NO_3 および $NaNO_3$ の濃度を変えた場合の抽出係数を示したものである。

添加した NH_4NO_3 、 $NaNO_3$ の濃度が増すにつれ各元素の抽出係数の低下は見られるが、それら元素間の抽出係数の比、つまり分離係数はそれらの添加元素の濃度に関係なくほぼ一定 (Ce/Am : 60 ~ 100, Eu/Am : 10 ~ 12, Ce/Eu : 8 ~ 10) であることがわかる。

4.2 連続抽出試験

(1) フローシートの概略

4.1 で述べたバッチ抽出試験の結果にもとづいて比較的高い硝酸濃度 (約 2 N) のもとに存在する Am を抽出分離する方法として、図-27 に示したフローシートを考えることができる。

第 1 工程では、D2EHPA によって Zr、Mo、U、(Pu, Np) を抽出する。それは、これらの元素の、のちに用いられる混合溶媒に対する抽出性が Am^{3+} 等より強いため結果として、Am、Cm の抽出性を低下させることになることを防ぐためである。硝酸濃度が 1 ~ 2 N の条件下では、Cs、Sr、Am 等の元素は、バッチ抽出試験でも明らかのように D2EHPA にはほとんど抽出されないのでこの工程の抽出残液 (水相) には、Cs、Sr、Am、Cm、RE (希土類元素) その他の元素が含まれている。

第 2 工程では、混合溶媒によって Am、Cm、RE 等 3 個の元素を抽出し Cs、Sr グループと分

離する。Cs, Sr は、D2EHPA および混合溶媒のいずれにも硝酸濃度 1~2 N ではほとんど抽出されない。

第3工程では、第2工程で混合溶媒に抽出された Am, Cm, RE を Am, Cm と RE の2つのグループに分離する。この工程は、キレート剤(DTPA)の添加による各元素の混合溶媒への抽出性の差を利用している。分離液としては、DTPAキレート剤, NH₄NO₃, (NaNO₃) 乳酸を含む pH ≈ 3 の溶液を用いる。

第4工程では、混合溶媒中に残っている RE(Ce) を約 6 N の硝酸を用いて逆抽出する。

(2) ジルコニウム, モリブデンの連続抽出試験

① コールド試験

Zr, Mo を含む模擬廃液を用いた連続抽出試験の濃度プロフィルを図-28に示した。この実験は放射性トレーサーを加えず Zr, Mo をそれぞれ 0.07, 0.1 mol/l さらに Na 1.0 mol/l となるように HNO₃ (2 N) に溶解し供給した。全段(抽出段+洗浄段)で12段用い合成廃液を7段目に、抽出溶媒(10% D2EHPA, 10% TBP)を1段目から、洗浄液(HNO₃ 1 N)を12段目から供給した。それぞれの供給量は 72.9 ml/hr, 285.7 ml/hr, 36.5 ml/hr とした。

水相出口(1ステージ水相)の Zr, Mo 濃度は、Zr については検出限界以下、Mo については 10⁻⁴ mol/l 以下であり除染係数(DF)は Mo で 6 × 10³ であった。Zr については、さらに大きな値を与えることがプロフィルより判断できる。なお物質収支は、

$$\text{Mo} = \frac{3.06 \times 10^{-2} \times 285.7}{1.12 \times 10^{-1} \times 72.9} = 1.07 \quad \left(\frac{\text{Out put}}{\text{In put}} \right)$$

$$\text{Zr} = \frac{1.36 \times 10^{-2} \times 285.7}{6.57 \times 10^{-2} \times 72.9} = 0.811 \quad \left(\frac{\text{Out put}}{\text{In put}} \right)$$

であった。

② ジルコニウム, モリブデンを含む合成廃液を用いた系でのアメリシウム, セリウム, ストルンチウムの挙動(図-29)。

コールド試験に用いた合成廃液にさらにいくつかの元素と Am²⁴¹, Ce¹⁴⁴, Sr⁸⁵ 放射性トレーサーを添加し連続抽出試験を行なった。給液条件は合成廃液, 洗浄液, 抽出液それぞれ 73.5 ml/hr, 37.4 ml/hr, 285.3 ml/hr で 8~10 時間供給した。

各元素の物質収支は

$$\text{Sr 85} \quad 0.999 \quad \left(\frac{\text{Out put}}{\text{In put}} \right)$$

$$\text{Ce 144} \quad 1.27 \quad \left(\frac{\text{Out put}}{\text{In put}} \right)$$

$$\text{Am 241} \quad 0.939 \cdots \left(\frac{\text{Out put}}{\text{In put}} \right)$$

であった。この条件では、SrはD2EHPAに抽出されず（検出限界以下）洗浄段水相も3段以上となると検出されなかった。

Am, Ceについては、抽出段での分配係数は約0.03で洗浄段では0.2程度であった。図-29に示した実験では、有機相に数%抽出されることが観察された。つまり、

	Am	Ce
Mo, Zr側（有機相）へのAm, Ce回収率	5~4%	9%
水相側へのAm, Ce回収率	96%以上	90~94%

という結果が得られた。有機相側（Zr, Mo回収側）への回収率を1%以下とするには、洗浄段を4段追加し、洗浄液の硝酸濃度を1.5Nにすれば良いと考えられる。なお水相出口でのMo, Zrは検出されなかった。

(3) 合成廃液からモリブデン、ジルコニウムを除いた系でのアメリシウム、セリウムの抽出挙動

第1抽出工程（D2EHPA抽出）によりMo, Zrを除いた抽出残液を用い混合溶媒による連続抽出試験を行なった。その結果を図-32に示した。合成廃液、洗浄液、抽出液はそれぞれ43ml/hr, 34.6ml/hr, 262.2ml/hrで10段目、16段目、1段目からミキサーで供給した。なおこの実験条件は廃液中のHNO₃濃度が1.5Nであったため2Nと同じ条件である。図-32からAm, Ce両元素とも数段でほぼ完全に抽出されSrとの分離が非常に効率よく行なわれていることがわかる。

各元素の物質収支は

$$\begin{array}{ll} \text{Sr 85} & 1.02 \cdots \left(\frac{\text{Out put}}{\text{In put}} \right) \\ \text{Am241} & 1.03 \cdots \left(\frac{\text{Out put}}{\text{In put}} \right) \\ \text{Ce 144} & 1.04 \cdots \left(\frac{\text{Out put}}{\text{In put}} \right) \end{array}$$

(4) 混合溶媒によるアメリシウム、セリウムの抽出試験

希土類元素（Ceで代表）0.162mol/l·HNO₃1Nの条件で、Ce単独系とNa 1.0mol/lおよびAmトレーサーを含む実験においては（図-30）Am, Ceの抽出挙動に差異は認められなかった。なお、Naを1mol/l含有する場合についても同様な結果を得た。この試験の条件は水相の酸濃度が1Nであるため給液条件は、Am(Ce)を含む単独系合成廃液、洗浄液、抽出液をそれぞれ77.2ml/hr, 40ml/hr, 287ml/hrで11段目、16段目、1段目から供給した。物質収支

は 1.04 で水相出口（1 ステージ水相）での Am, Ce は検出されなかった。7 段目の水相濃度 (Am, Ce) で計算した場合の除染係数は、 $DF_{(7)} = 4000$ であり出口での除染係数はさらに大きな値となることが図-30 より推定できる。

(5) 合成廃液での混合溶媒によるアメリシウム・セリウム・セシウムの抽出挙動

合成廃液を用いた連続抽出試験での Ce 144 (Am241), Cs 137 の抽出挙動を示す濃度プロファイルを図-31 に示した。これは廃液中の HNO_3 濃度を 2 N としたため各給液は合成廃液、洗浄液、抽出液をそれぞれ 40, 37, 287 ml/hr とし 11 段目、1 段目、16 段目から供給した。

各元素の物質収支は、

$$\text{Ce 144} \quad 0.997 \cdots \left(\frac{\text{Out put}}{\text{In put}} \right)$$

$$\text{Cs 137} \quad 1.07 \cdots \left(\frac{\text{Out put}}{\text{In put}} \right)$$

$$\text{Am241} \quad 1.00 \cdots \left(\frac{\text{Out put}}{\text{In put}} \right)$$

であった。

除染係数は DF

$$\text{Ce 144} \quad 1.53 \times 10^4$$

$$\text{Cs 137} \quad 1.0 \times 10^3$$

であり、2 種の核種を含む系においての除染係数 (DF) は次式によって求めた。

$$\text{In put 時の濃度} \quad {}'_1C_1 \quad {}'_1C_2$$

$$\text{Out put 時の濃度} \quad {}''_0C_1 \quad {}''_0C_2$$

とし、 C_1 に対する C_2 の除染係数 (DF) は

$$DF = \frac{{}_''_0C_1 / {}''_0C_2}{{}_'_1C_1 / {}'_1C_2} \quad \text{である。}$$

図-33 に示した結果は、ミキサセトラを用いての連続抽出実験でトレーサーを供給したのち各時間における出口でのトレーサー濃度を測定しプロットしたものである。切換えたのち約 6 時間程度連続運転を続けなければ平衡に達しないことが分かる。

(6) アメリシウム-希土類元素 (セリウム) 分離試験

混合溶媒に抽出された Am, Ce の分離試験の結果を図-35 にまとめた。DTPA キレート剤を用いた分離法は特にバッチ抽出試験でも明らかのように、各元素の抽出係数又は分離係数に対する pH の依存性が大きく pH 調整が重要となる。実験に用いた DTPA 溶液は、乳酸-乳酸ナトリウム緩衝液で pH を 3 に調整した。なおこの溶液中には NH_4NO_3 も加えた。

Am-Ceを抽出した溶媒を用いた実験結果を図-35に示した。この結果からAm側には数%の希土類元素(Ce)が回収される。しかし、短半減期成分側である希土類元素側へのAm漏れは検出されなかった。

(7) Ceの逆抽試験

図-36に示したものは、混合溶媒からのCe逆抽を6N HNO₃で行なった濃度プロフィルである。

5. ま　と　め

D₂EHPA および混合溶媒について種々の金属元素の抽出実験を行なった結果、D₂EHPAについてはM(I), (II), (III) の単純なイオンとの抽出反応は、それらの有する原子価に従った抽出反応を示し、また混合溶媒ではM(I), (II) の元素についてはD₂EHPAと同じような原子価に従った反応を示すがAm, Ce等3価の元素についてはD₂EHPAと異なった抽出反応を示すことがバッチ抽出試験よりわかった。目的核種(Am)に対する抽出係数は同一条件下ではD₂EHPAに対し混合溶媒の方が約100倍高く、またMo, Zr等の元素は、両溶媒に良く抽出されるのでその結果相対的にAmの抽出係数を低下させる。このためD₂EHPAでMo, Zr等を抽出しAm等の元素を水相中に残し、次の段で混合溶媒でAmを抽出する方法があることがわかった。

群分離の第1段階の目的でもあるAmとSr, Csとの分離については、本プロセス条件下ではSr, Csの抽出係数が低くほぼ完全に分離を達成することができた。

混合溶媒に抽出した希土類元素(Ce)とAmとの分離は、DTPAキレート剤を用いた方法に依ったが、この分離条件はpHに大きく依存するため特に連続抽出器内でのpH調整しだいによってその分離効果が左右される。

各元素、抽出条件、溶媒などについて得られた関係を定性的に示すと下表の如くなる。表から分るように混合溶媒は、比較的高い硝酸濃度においてD₂EHPAよりAmの抽出性が高い。しかし混合溶媒中に含まれるM₂EHPAは水への溶解性、不選択な抽出性、さらには水相との相分離性など多くの問題を持っており、今後更に検討を行なう必要がある。

項目	条件	D ₂ EHPA	混合溶液
Cs, Srに対する抽出性	HNO ₃ 1~2N	低い	低い
Zr, Mo, U, Np(VI)に対する抽出性	HNO ₃ 1~2N	高い	(高い)
Am, Cm, Ce, Euに対する抽出性	HNO ₃ 1~2N	低い	高い
相 分 隔 性	HNO ₃ 1~2N pH 3 室温 pH 3 40 °C	良 良 良	良 悪 良
溶 解 性	HNO ₃ 1~2 H ₂ O	小 小	小 やや大
各元素の分離係数		D ₂ EHPA > 混合溶媒	

6. 謝 辞

溶媒抽出についての理論その他について適切な御指導をいただいた坪谷隆夫氏（分析課第3係長、副主任研究員）、堀江水明氏（開発研究室・外来副主任研究員）に対し謝意を表わします。

7. 参 考 文 献

- (1) Recovery of transplutonium elements from fuel reprocessing high-level waste solutions. G. Koch, Z. Kolarik, H. Haug (Processing of a Symposium organised jointly by the OECD Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency OECD-Paris 27th November-1st December 1972)
- (2) Purification of Di(2-ethylhexyl)-phosphoric acid. J. M. Schmitt, C. A. Blake ORNL-3548
- (3) 希土類元素の化学 N. E. Toop著, 塩川二郎, 足立吟也 共訳 化学同人発行
- (4) PNCT 841-71-34 (1971) 坪谷, 根本, 星野
 PNCT 841-71-35 (1971) 田中, 根本, 坪谷, 星野
 unpublished (1973) 坪谷, 根本, 熊田, 星野
- (5) A new method of separation americium and curium from the Lanthanids by extraction from an aqueous solution of an aminopolyacetic acid complex with a monoacidic organophosphate or phosphonate.
 F. A. Kappelman ORNL-3559

8. Appendix

(1) ジルコニウムの微量定量法

アリザリンS直接法（5ml法，25ml法）

①要 旨

Zrが溶解している水溶液等の試料を分光分析しZrを定量する。試料にアリザリンS溶液を加えて発色させ、波長520m μ での吸光度を測定して、あらかじめ作製した検量線によってZrの定量をする。

分析限界

Zrの試料中の含有量：5～150[μ g] (25ml法)

5～25[μ g] (5ml法)

②手 順

作業手順	備考
<p>25ml法</p> <p>1) 液体試料を25mlのメスフラスコに入れて6N HClを1ml加える。 2) *1) アリザリンS溶液を2ml加える。 3) H₂Oで正確に25mlにする。 4) 搅拌してから20min放置する。 5) 一部を1cmの吸収セルに移し吸光度を測定する。 6) 検量線によりZrを定量する(グラフ2) *1) アリザリンS 0.5gをH₂Oに溶解し1000mlとしたもの</p>	<p>(Zrの標準試料には $ZrO(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$を HNO₃(2N)に溶解したものを使用)</p> <p>波長は520mμ 対照はZrを加えない溶液</p>
<p>5ml法</p> <p>1) あらかじめ調整しておいた*2) アリザリンS溶液5mlをポリエチレン試料ビンに入れる。 2) Zr試料を加える。 3) 搅拌したのち20min放置する。 4) 一部を吸収セル(1cm)に移し吸光度を測定する。 5) 検量線よりZrを求める *2) *1) のアリザリンS溶液80mlを0.24N HClで1000mlに調整した溶液</p>	<p>Zr max 25μg</p> <p>波長は520mμ 対照には*2) アリザリンSを用いる。</p>

(2) Mo の微量定量法

チオシアノ酸法

①要 旨

水溶液に Mo を含む試料を $\text{NH}_4\text{SCN} + \text{SnCl}_2$ 溶液に入れ発色後 $460\text{m}\mu$ の波長で吸光度を測定する。

分析限界 $10\text{\mu g} \sim 80\text{\mu g}$ ($1 \times 10^{-7}\text{M} \sim 8 \times 10^{-7}\text{M}$)

②手 順

作業手順	備考
1) あらかじめ調整しておいた ^{*1)} チオシアノ酸溶液 5 ml をポリエチレン製試料ビンに入れる。 2) Mo を含む試料を $10\text{\mu g} \sim 80\text{\mu g}$ の範囲で加え発色させる。 3) 発色後 15 min 放置し吸光度を測定する。 4) 検量線より Mo 量を求める。(図-2-1) <small>*1) チオシアノ酸アンモニウム溶液の調整 NH_4SCN 3 M 溶液 45 ml に対し SnCl_2 10% 溶液 5 ml を加え、100 ml に H_2O でメスアップする。 SnCl_2 は非常に不安定であるからそのつど調整するようにする。金属 Sn を加えておくと多少安定となる。保管場所は冷暗所が良い。</small> 使用した Mo は、 Na_2MoO_4 を 2 N HNO_3 に溶解したもの。	波長は $460\text{m}\mu$

(3) U の微量定量法

DBM 直接法

①要 旨

U が溶解している水溶液等の試料を分光分析し U を定量する。あらかじめ用意しておいた DBM 溶液に U 試料を加え発色した液を波長 $430\text{m}\mu$ で吸光度を測定する。

分析限界 $10\text{\mu g} \sim 100\text{\mu g}$ U ($4.2 \times 10^{-8}\text{M} \sim 4.2 \times 10^{-7}\text{M}$)

②手 順

作業手順	備考
1) あらかじめ調整しておいた ^{*1)} DBM をポリエチレン試料ビンにホールピペットで 5 ml 加える。 2) U の入った試料を $10\text{\mu g} \sim 100\text{\mu g}$ の範囲で DBM に加え発色させる。 3) 約 5 min 放置したのち ^{*1)} DBM を対照に吸光度を測定する 4) 検量線(図-3)より U 量を求める。	波長は $430\text{m}\mu$

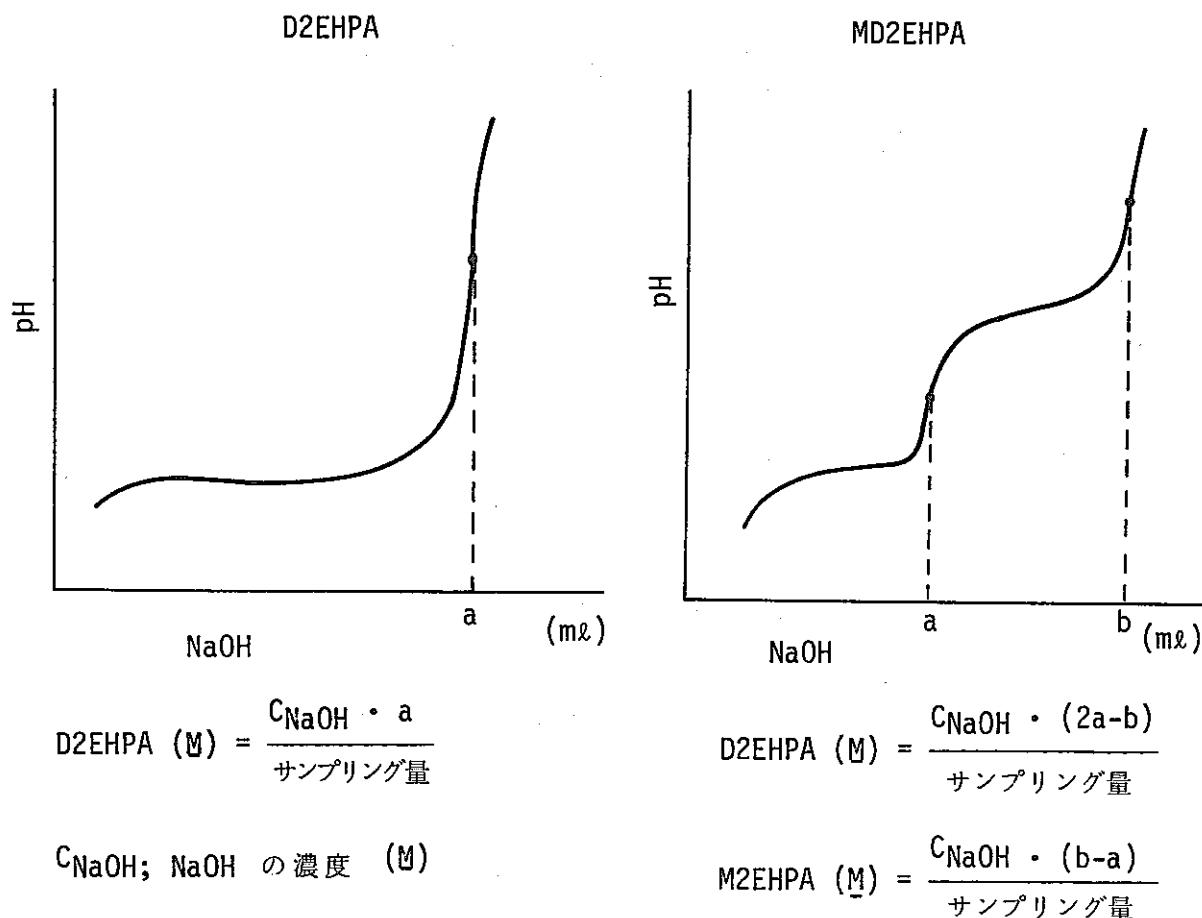
*1) DBMの調整法 (Dibenzoylmetane C₆H₅COCH₂COC₆H₅ MW : 224.26)

- 1) ピリジン 500 ml に DBM 1.0 g 加え溶解する。
- 2) Mg (NO₃)₂ 10.9 g を H₂O 約40ml に溶解する。
- 3) EDTA-2Na を 12.5 g H₂O 約 200 ml に溶解し 2) の Mg (NO₃)₂ 溶液に加える。さらにこの液を 1) のピリジン液に加え H₂O で 1000 ml にメスアップする。

(4) その他の分析法および分析装置類

① D2EHPA および M2EHPA の分析⁽²⁾

酸性リン酸エステルであるD2EHPA, M2EHPAはNaOHによって中和滴度を行なうことが可能である。滴定曲線は下図のようにM2EHPAは2段階の中和反応が起こる。この中和点から下式に示す方法によってD2EHPA および M2EHPAの分析を行なった。



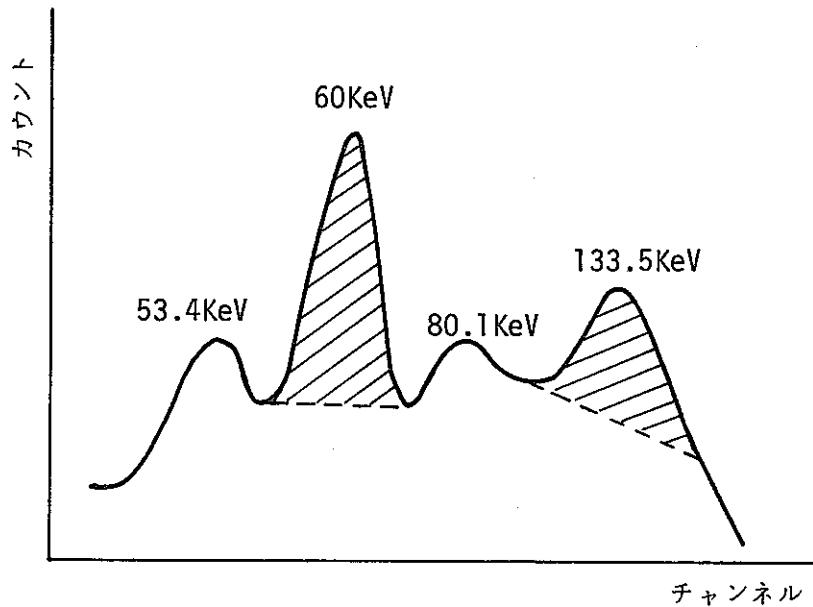
② γ 線計測

Am^{241} は 60 KeV の γ 線を放出し Ce^{144} については 53.4 KeV, 80.1 KeV, 133.5 KeV の 3 種の γ 線を放出する。共存する場合の γ 線スペクトルは下図のように非常に接近する。

この γ 線解析は Am^{241} については 60 KeV のホトピーク, Ce^{144} のホトピークの面積を求め（斜線部）定量した。

Cs^{137} , Sr^{85} については 662 KeV, 513 KeV の γ 線を NaI 検出器で測定した。

α 線放出核種 (Am^{243} , Cm^{244}) については, Si 検出器によって α 線スペクトルを求め定量した。



NaI 検出器による Am^{241} , Ce^{144} の γ スペクトル

③ 分析装置

pH 滴定装置 平沼産業 Rat 101 自動滴定装置

分光光度計 日立 - モデル 101, 東芝ベックマン DB-G

放射能測定装置 日本原子力事業 KK (NAIG)

D-100 シリーズ 1000 ch 多重波高分析装置

日本無線医理学 (ALOKA)

シングルチャンネル波高分析装置

表-1 模擬廃液の組成

Burn up 33000 MWD/MT
 Specific power 30.0 MW/MT
 Cooling interval 150d
 Waste Volume 500 l/T

Element	Consistency		Total activity (Ci/T)
	(g/l)	(M/l)	
Na	(85)	1.00	
Rb	(1.47)	0.01	1.85
Cs	(7.80)	0.04	3.20×10^5
Sr	(4.23)	0.02	1.73×10^6
Ba	(5.23)	0.02	1.00×10^5
Y	(3.83)	0.01	2.35×10^6
La	(8.66)	0.02	4.95×10^2
Ce	(17.37)	0.04	8.27×10^5
Nd	(30.68)	0.07	5.10×10^1
Pr	(8.70)	0.02	7.71×10^5
Eu	(0.676)	0.002	1.34×10^4
Zr	(34.3)	0.08	2.76×10^5
Mo	(14.4)	0.07	
Ru	(12.7)	0.04	4.99×10^6
Rh	(2.89)	0.01	4.99×10^5
Pd	(7.09)	0.02	
Te	(2.38)	0.01	
HNO ₃		2.0	
U	*	*	
Pu	*	*	
Np	1.52	6.43×10^{-3}	1.25
Am	0.296	1.23×10^{-3}	1.58×10^2
Cm	0.0720	2.06×10^{-4}	1.22×10^4

():as nitrate

Ref. ORNL4451

表-2.3 D2EHPA および混合溶媒によるCs, Sr の抽出

	試料番号	KD	
		Cs - 137	Sr - 85
D2EHPA	D - 0.1 - 20	3.05×10^{-3}	9.25×10^{-3}
	D - 0.2 - 20	1.51×10^{-3}	2.19×10^{-3}
	D - 0.5 - 20	5.71×10^{-4}	2.73×10^{-4}
	D - 1.0 - 20	2.49×10^{-4}	1.01×10^{-5}
	D - 0.1 - 5	3.41×10^{-5}	3.18×10^{-4}
	D - 0.1 - 10	5.54×10^{-4}	1.88×10^{-3}
	D - 0.1 - 20	3.05×10^{-3}	9.25×10^{-3}
	D - 0.1 - 30	5.55×10^{-3}	1.79×10^{-2}
混合溶媒	MD - 0.1 - 20	2.02 (1.52)	5.17
	MD - 0.2 - 20	1.01	1.24
	MD - 0.5 - 20	0.353 (0.343)	0.169
	MD - 1.0 - 20	0.139 (0.100)	0.0330
	MD - 0.1 - 5	0.341 (0.235)	0.105
	MD - 0.1 - 10	0.882 (0.681)	2.43
	MD - 0.1 - 20	2.02 (1.52)	5.17
	MD - 0.1 - 30	3.03 (2.47)	7.56

表-4.5 D2EHPA および混合溶媒によるAm, Cmの抽出

	試料番号	KD	
		Am - 243	Cm - 244
D2EHPA	D - 0.1 - 20	74.3	32.9
	D - 0.5 - 20	1.86	1.08
	D - 1.0 - 20	0.235	0.185
	D - 2.0 - 20	0.0476	0.0264
	D - 0.5 - 5	0.0247	0.0169
	D - 0.5 - 10	0.439	0.264
	D - 0.5 - 20	1.86	1.08
	D - 0.5 - 30	4.65	2.67
混合溶媒	MD - 0.5 - 20	88.1	140.1
	MD - 1.0 - 20	16.9	14.8
	MD - 2.0 - 20	2.42	1.96
	MD - 4.0 - 20	0.377	0.452
	MD - 1.0 - 5	4.44	6.57
	MD - 1.0 - 10	4.09	7.69
	MD - 1.0 - 20	16.9	14.8
	MD - 1.0 - 30	20.7	29.8

表-6 抽出剤の濃度および水相中の酸濃度を変えた場合のCe(III)に対する
混合溶媒の抽出係数

水相中のHNO ₃ (M)	MD 0.188M	MD 0.376M	MD 0.753M	MD 1.13M	MD 0.753M
	Ce(III) KD	Ce(III) KD	Ce(III) KD	Ce(III) KD	Eu(III) KD
0.402	92.9	163.1	261.4	384.9	
1.067	3.81	6.91	11.98	16.4	15.0
2.01	0.483	0.848	1.41	2.02	2.01
4.01	0.0486	0.0969	0.164	0.253	0.335
5.95	0.0170	0.0327	0.112	0.115	0.185

表-7 D2 EHPA および混合溶媒によるNaNO₃系でのCe抽出

水相中のHNO ₃ 濃度 (M)	NaNO ₃ 0.5M		NaNO ₃ 0.6M		NaNO ₃ 1.0M		NaNO ₃ 2M		NaNO ₃ 3M	
	Ce(III) KD		Ce(III) KD		Ce(III) KD		Ce(III) KD		Ce(III) KD	
	MD	D	MD	D	MD	D	MD	D	MD	D
0.20	187.0	31.9	235.0	29.2	115.4	26.6	74.0	18.9	51.6	15.7
0.50	37.8	3.20	31.8	3.23	26.1	2.84	12.2	2.44	9.57	2.08
1.05	6.47	0.701	6.41	0.700	4.63	0.648	2.87	0.556	2.05	0.422
2.01	0.832	0.143	0.777	0.146	0.662	0.146	0.488	0.118	0.374	0.0984

表-8 混合溶媒(10v/v)によるCeの抽出

MD 2EHPA 10v/v

試料番号	Initial(Ce) (M)	org (M)	aq (M)	KD	試料番号の表し方 MD-0.1-10 ↓ 抽出溶媒の種類 MD: 混合溶媒 D: D2EHPA ↓ MD-0.1-10 ↓ 抽出時の水相の酸濃度 MD-0.1-10 ↓ 抽出剤の濃度(v/v)
MD - 0.1 - 10	5.41×10^{-6}	1.91×10^{-3}	5.22×10^{-6}	36.6	
	2.093×10^{-3}	4.20×10^{-3}	5.41×10^{-6}	77.6	
	2.093×10^{-2}	3.26×10^{-2}	3.94×10^{-3}	8.27	
	1.597×10^{-1}	4.29×10^{-2}	1.42×10^{-1}	0.302	
	1.78×10^{-1}	4.51×10^{-2}	1.597×10^{-1}	0.282	
	2.093×10^{-1}	4.61×10^{-2}	1.78×10^{-1}	0.259	
MD - 0.4 - 10	2.25×10^{-6}	9.02×10^{-4}	9.47×10^{-6}	95.2	
	9.672×10^{-4}	1.91×10^{-3}	2.25×10^{-5}	84.9	
	1.89×10^{-3}	8.97×10^{-3}	3.31×10^{-4}	27.1	
	9.672×10^{-3}	1.72×10^{-2}	1.89×10^{-3}	9.10	
	8.09×10^{-2}	3.01×10^{-2}	6.58×10^{-2}	0.457	
	9.672×10^{-2}	3.11×10^{-2}	8.09×10^{-2}	0.384	
	9.672×10^{-1}	4.15×10^{-2}	9.42×10^{-1}	0.0441	
MD - 1.0 - 10	8.53×10^{-4}	1.62×10^{-3}	4.21×10^{-4}	3.85	
	2.093×10^{-3}	2.48×10^{-3}	8.53×10^{-4}	2.91	
	1.48×10^{-2}	9.81×10^{-3}	1.04×10^{-2}	0.943	
	2.093×10^{-2}	1.11×10^{-2}	1.48×10^{-2}	0.750	
	2.093×10^{-1}	2.20×10^{-2}	1.88×10^{-1}	0.117	

表-9 混合溶媒(20v/o)によるCeの抽出

MD2EHPA 20v/o

試料番号	Initial(Ce)(M)	org (M)	aq (M)	KD
MD-0.1-20	4.13×10^{-6}	2.06×10^{-3}	2.06×10^{-6}	1000
	9.94×10^{-5}	1.94×10^{-2}	2.24×10^{-5}	866.1
	2.093×10^{-3}	4.13×10^{-3}	4.13×10^{-6}	1000
	2.093×10^{-2}	3.97×10^{-2}	9.94×10^{-5}	399.4
	1.51×10^{-1}	7.82×10^{-2}	1.30×10^{-1}	0.602
	2.093×10^{-1}	8.25×10^{-2}	1.51×10^{-1}	0.546
MD-0.4-20	5.80×10^{-6}	9.45×10^{-4}	4.49×10^{-6}	210
	9.672×10^{-4}	1.87×10^{-3}	5.80×10^{-6}	322.4
	3.67×10^{-4}	9.77×10^{-3}	8.92×10^{-5}	109.5
	9.672×10^{-3}	1.92×10^{-2}	3.67×10^{-4}	52.3
	6.45×10^{-2}	5.68×10^{-2}	4.03×10^{-2}	1.41
	9.672×10^{-2}	6.00×10^{-2}	6.45×10^{-2}	0.930
	9.47×10^{-1}	8.42×10^{-2}	9.27×10^{-1}	0.0908
	9.672×10^{-1}	7.23×10^{-2}	9.47×10^{-1}	0.0763
MD-1.0-20	4.79×10^{-4}	1.90×10^{-3}	2.03×10^{-4}	9.36
	2.093×10^{-3}	3.23×10^{-3}	4.79×10^{-4}	6.74
	1.07×10^{-2}	1.53×10^{-2}	5.85×10^{-3}	2.60
	2.093×10^{-2}	1.98×10^{-2}	1.07×10^{-2}	1.85
	1.81×10^{-1}	4.57×10^{-2}	1.67×10^{-1}	0.274
	2.093×10^{-1}	4.55×10^{-2}	1.81×10^{-1}	0.246

表-10 混合溶媒20v/o系でのCe交換容量の測定

org: 20v/o MD2EHPA/n-ドデカン

aq: 2N HNO₃

Ce (M)	org (M)	aq (M)	K D _{Ce}
0.5	0.0274	0.340	0.0807
5.0×10^{-2}	9.98×10^{-3}	2.60×10^{-2}	0.384
5.0×10^{-3}	2.16×10^{-3}	1.47×10^{-3}	1.468
5.0×10^{-4}	2.47×10^{-4}	1.11×10^{-4}	2.23
5.0×10^{-5}	2.60×10^{-5}	1.12×10^{-5}	2.32
5.0×10^{-6}	2.47×10^{-6}	1.06×10^{-6}	2.34

表-11 D2EHPAによるCeの抽出

D2EHPA 10v/6

試料番号	Initial [Ce](M)	org (M)	aq (M)	KD
D-0.1-10	2.66×10^{-4}	1.92×10^{-3}	9.55×10^{-5}	20.1
	2.093×10^{-3}	3.596×10^{-3}	2.66×10^{-4}	13.5
	1.13×10^{-2}	1.28×10^{-2}	6.51×10^{-3}	1.97
	2.093×10^{-2}	1.77×10^{-2}	1.13×10^{-2}	1.57
	1.76×10^{-1}	2.34×10^{-2}	1.66×10^{-1}	0.141
	1.86×10^{-1}	2.49×10^{-2}	1.76×10^{-1}	0.141
	2.093×10^{-1}	2.86×10^{-2}	1.86×10^{-1}	0.154
D-0.4-10	8.36×10^{-4}	2.15×10^{-4}	7.21×10^{-4}	0.298
	9.672×10^{-4}	2.06×10^{-4}	8.36×10^{-4}	0.246
	8.79×10^{-3}	1.70×10^{-3}	7.88×10^{-3}	0.216
	9.672×10^{-3}	1.67×10^{-3}	8.79×10^{-3}	0.190
	9.672×10^{-2}	7.79×10^{-3}	9.01×10^{-2}	0.0865
	9.672×10^{-1}	1.16×10^{-2}	9.91×10^{-1}	0.0117
D-1.0-10	2.05×10^{-2}	4.21×10^{-4}	2.04×10^{-2}	0.0206
	2.093×10^{-2}	3.31×10^{-4}	2.05×10^{-2}	0.0162
	2.093×10^{-1}	2.38×10^{-3}	2.04×10^{-1}	0.0117

表-12 D2EHPAによるZrの抽出

試料番号	有機相中のZr濃度(M)	水相中のZr濃度(M)	KD
D-2.0-5 有機相 D2EHPA 5v/6 TBP 5v/6	7.65×10^{-2}	1.26×10^{-3}	60.7
	9.01×10^{-2}	5.70×10^{-3}	15.8
	9.12×10^{-2}	4.44×10^{-2}	2.05
	1.35×10^{-1}	9.41×10^{-2}	1.43

有機相 水相
 D2EHPA 5v/6 HNO₃ 2N Zr : *
 TBP 5v/6 U 1.68×10^{-2} M

水相Zr濃度(M)	有機相中のU濃度(M)	水相中のU濃度(M)	KD
5.09×10^{-4}	3.37×10^{-2}	4.66×10^{-4}	72.2
5.09×10^{-3}	6.89×10^{-2}	1.05×10^{-3}	63.8
1.02×10^{-2}	6.25×10^{-2}	2.65×10^{-3}	23.6
4.90×10^{-2}	3.04×10^{-2}	1.00×10^{-2}	3.02
1.01×10^{-1}	1.31×10^{-2}	1.17×10^{-2}	1.12

表-13 D2EHPAによるUの抽出

試料番号	有機相中のU濃度 (M)	水相中のU濃度 (M)	KD
D-2.0-5.0	5.13×10^{-3}	1.29×10^{-5}	396
有機相 D2EHPA 5v/v TBP 5v/v	4.29×10^{-2}	1.73×10^{-4}	248
	0.134	7.23×10^{-3}	18.5
	0.188	7.15×10^{-2}	2.63
	0.139	0.207	0.673
	0.103	0.457	0.225
D-2.0-2.5	2.52×10^{-2}	8.11×10^{-3}	3.11
D-2.0-5.0	4.49×10^{-2}	7.13×10^{-3}	6.30
D-2.0-10	7.90×10^{-2}	5.42×10^{-3}	14.6
D-0.4-5	7.23×10^{-2}	5.76×10^{-3}	12.6
D-2.0-5	4.49×10^{-2}	7.13×10^{-3}	6.30
D-6.0-5	4.20×10^{-2}	7.48×10^{-3}	5.62

表-14 D2EHPAによるMoの抽出

試料番号	有機相中のMo濃度 (M)	水相中のMo濃度 (M)	KD
D-0.1-5	0.0234	1.78×10^{-6}	1.31×10^4
D-0.5-5	0.0384	6.64×10^{-4}	57.8
D-1.0-5	0.0418	1.51×10^{-3}	27.7
D-2.0-5	0.0452	1.68×10^{-3}	27.0
D-4.0-5	0.0437	1.28×10^{-3}	34.1
D-6.0-5	0.0418	7.25×10^{-4}	57.6
D-10-5	0.0434	1.79×10^{-4}	242.1
D-2.0-5 有機相 D2EHPA 5v/v TBP 5v/v	2.93×10^{-3}	1.61×10^{-4}	18.3
	3.59×10^{-3}	3.61×10^{-2}	10.1
	5.42×10^{-2}	1.17×10^{-2}	4.64
	1.05×10^{-1}	1.00×10^{-1}	1.05
	1.49×10^{-1}	2.15×10^{-1}	0.695
	2.03×10^{-1}	8.94×10^{-1}	0.227

表-15 混合溶媒によるCeの抽出

MD D2EHPA (M)	平衡濃度(M)		Mo/Ro	Ro/Mo
	有機相	水相		
0.753	0.0877	0.0825	0.117	8.59
0.376	0.0450	0.0955	0.120	8.36
0.188	0.0214	0.101	0.114	8.80
0.0941	0.00971	0.105	0.103	9.69
0.377	0.00231	0.107	0.0613	
0.0188	0.00232	0.106	0.124	8.06

水相条件

HNO₃ 0.406 N

* Mo : 有機相に抽出された

Ce 0.2093 M

金属イオンの濃度

(Ce-144 12977.3 cpm/ml)

Ro : 有機相の濃度

表-16 D2EHPA(10v/o)-TBP(10v/o)
によるNp抽出

抽出回数	Np KD
1	0.778
2	0.436
3	0.0989
4	0.0651
5	0.0541
Np(V)	68.7

Np(V)のKDを求める。

表-17-1 DTPA-NH₄NO₃系でのAm, Ce, Euの抽出

水相条件 NH₄NO₃ : 1 M DTPA : 0.05 M 有機相条件 MD2EHPA : 20 v/o
Lac-acid : 1 M pH : 1~4 in-n-Dodecane

pH	KD Ce-144	KD Eu-152	KD Am-241	S. F Ce/Am	S. F Eu/Am	S. F Ce/Eu
1.07	173.9	285.8	138.6	1.26	2.06	0.608
1.76	572.7	192.7	174.4	3.28	1.11	2.97
2.68	73.5	5.28	0.652	112.7	8.10	13.9
3.56	1.12	0.184	0.00933	119.6	19.7	6.07
4.17	0.0630	0.0199	0.00635	9.92	3.13	3.17

S. F : Separation factor

表-17-2

DTPA濃度 (M)	Am KD	Eu KD	水相条件	有機相
0.5	0.0261	0.428	NH ₄ NO ₃ : 3 M	D2EHPA 20v/o
0.1	0.162	1.87	Lac-acid : 1 M	M2EHPA (混合溶媒)
0.05	0.416	4.98	pH : 3.0	
			DTPA : 0.05~0.5 M	

表-18 DTPA-NaNO₃系でのAm, Ce, Euの抽出

pH	KD Ce-144	KD Eu-152	KD Am-241	S. F Ce/Am	S. F Eu/Am	S. F Ce/Eu
1.0	229.1	1500	182.6	1.25	8.21	0.153
1.95	1358	500	154.9	8.77	3.23	2.72
3.04	37.3	3.10	0.207	180.2	15.0	12.0
3.83	0.456	0.090	0.00598	76.3	15.1	5.07
4.86	0.0370	0.0130	0.00541	6.84	2.40	2.85

水相条件
NaNO₃ : 3 M
Lac-acid : 1 M
DTPA : 0.05 M
pH : 1~5

有機相条件
MD2EHPA 20v/o
in n-Dodecane

表-19 DTPA-NaNO₃系でのAm, Ce, Euの抽出

水相 NaNO ₃ (M)	KD Ce-144	KD Eu-152	KD Am-241	S. F Ce/Am	S. F Eu/Am	S. F Ce/Eu
0.1	192.3	18.4	3.16	60.8	5.82	10.5
0.5	98.4	13.6	1.37	71.9	9.93	7.24
1.0	65.5	10.5	1.07	61.5	9.86	6.24
2.0	52.6	8.56	0.769	68.3	11.1	6.14
3.0	18.3	4.82	0.276	66.1	17.5	3.79

水相条件

pH 3.0
 Lac acid : 1 M
 DTPA : 0.05 M
 NaNO₃ : 0.1~3.0 M

有機相条件

MD 2EHPA 20v/v
 in n-Dodecane

表-20 DTPA-NH₄NO₃系でのAm, Ce, Euの抽出

水相 NH ₄ NO ₃ (M)	KD Ce-144	KD Eu-152	KD Am-241	S. F Ce/Am	S. F Eu/Am	S. F Ce/Eu
0.1	93.02	12.3	1.12	83.1	11.0	7.56
0.5	97.6	13.7	1.19	82.1	11.5	7.13
1.0	60.3	4.98	0.416	144.9	12.0	12.1
2.0	29.2	3.26	0.271	107.8	12.0	8.96
3.0	29.9	3.35	0.301	99.5	11.1	8.94

水相条件

pH : 3.0
 Lac acid : 1 M
 DTPA : 0.05 M
 NH₄NO₃ : 0.1~3.0 M

有機相条件

MD 2EHPA 20v/v
 in n-Dodecane

表-21 D2EHPAによるMo, Zrの連続抽出試験

段数	D2EHPA 抽出 (cold)				
	有機相中の Zr濃度(M)	水相中の Zr濃度(M)	KD	有機相中の Mo濃度(M)	水相中の Mo濃度(M)
1					7.08×10^{-5}
2					4.30×10^{-5}
3					2.61×10^{-4}
4	4.94×10^{-4}				1.38×10^{-3}
5	7.34×10^{-4}	1.01×10^{-4}	7.27	7.65×10^{-3}	4.80×10^{-3}
6	3.17×10^{-3}	4.94×10^{-3}	0.642	1.45×10^{-2}	1.88×10^{-2}
7	1.54×10^{-2}	9.81×10^{-3}	1.57	3.38×10^{-2}	3.21×10^{-2}
8		1.55×10^{-5}			1.19×10^{-3}
9	1.26×10^{-2}	8.25×10^{-6}	1527.3	2.87×10^{-2}	9.57×10^{-4}
10					
11					
12	1.36×10^{-2}	7.58×10^{-5}	1794.2	3.06×10^{-2}	4.79×10^{-4}
					63.9

表-22 D2EHPAによるAm, Ce, Srの連続抽出試験

M/B : material balance.

段数	D2EHPA 抽出				D2EHPA 抽出				水相中の Sr濃度(M)
	有機相 Am(cpm)	水相 Am(cpm)	KD	M/B (out/In)	有機相 Ce (M)	水相 Ce (M)	KD	M/B (out/In)	
1	150.7	3876.9	0.0389	1.04	4.40×10^{-3}	1.01×10^{-1}	0.0437	1.02	0.0133
2	136.0	4077.4	0.0334	0.996	3.87×10^{-3}	1.10×10^{-1}	0.0353	1.02	0.0128
3	128.2	4059.4	0.0316	0.983	3.52×10^{-3}	1.06×10^{-1}	0.0333	0.929	0.0127
4	126.4	4117.1	0.0307	1.03	3.74×10^{-3}	1.13×10^{-1}	0.0306	1.08	0.0131
5	130.0	3982.9	0.0326	0.997	3.53×10^{-3}	1.05×10^{-1}	0.0337	1.01	0.0125
6	167.1	4007.3	0.0417	0.999	5.09×10^{-3}	1.04×10^{-1}	0.0489	1.02	0.0133
7	277.9	4105.5	0.0677	1.21	9.06×10^{-3}	1.05×10^{-1}	0.0863	0.959	0.0136
8	204.3	1491.8	0.137	1.01	7.06×10^{-3}	3.94×10^{-2}	0.193	1.05	1.55×10^{-4}
9	213.2	912.7	0.234	1.21	8.91×10^{-3}	2.35×10^{-2}	0.379	1.26	3.22×10^{-5}
10	125.8	532.2	0.236	0.765	5.34×10^{-3}	1.48×10^{-2}	0.362	0.716	
11	89.8	322.5	0.278	0.923	4.64×10^{-3}	9.54×10^{-3}	0.486	0.994	
12	70.5	131.5	0.536	0.977	4.03×10^{-3}	4.43×10^{-3}	0.909	0.994	

表-23 混合溶媒によるAm, Ce 連続抽出試験

2ACEIN

Feed : Ce (III) 0.1 M
HNO₃ 1 N

3AAMIN

Feed : Ce (III) 0.1 M
NaNO₃ 1 M
Am HNO₃ 1 M

段数	2 ACEIN				3 AAMIN (cpm)			
	org Ce (M)	aq Ce (M)	KD	M/B	org Am	aq Am	KD	M/B
1								
2								
3								
4								
5								
6					3.14			
7	1.19×10 ⁻⁴	3.75×10 ⁻⁵	3.17		18.4	5.74	3.21	0.880
8	3.32×10 ⁻⁴	1.42×10 ⁻⁴	2.33	0.835	136.2	50.4	2.70	1.04
9	4.47×10 ⁻³	8.84×10 ⁻⁴	5.06	1.13	575.2	327.2	1.76	1.01
10	0.0258	0.0101	2.55	1.03	1473.6	1389.6	1.06	1.02
11	0.0612	0.0625	0.979	1.52	2190.6	3521.8	0.622	1.14
12	0.0630	0.0339	1.85	1.03	2205.2	1552.9	1.42	1.02
13	0.0636	0.0340	1.87	1.00	2235.8	1383.5	1.62	1.02
14	0.0637	0.0383	1.66	1.01	2235.8	1340.5	1.67	1.00
15	0.0616	0.0323	1.91	0.978	2215.3	1303.5	1.70	1.00
16	0.0590	0.0266	2.22	1.01	2020.7	1136.7	1.78	0.983

Av=1.06

Av=1.01

表-24 混合溶媒によるAm, Ce, Srの連続抽出試験

8AAMCESR2N

段数	有機相中の Am(cpm)	水相中の Am(cpm)	KD	M/B (out/In)	有機相中の Ce濃度(M)	水相中の Ce濃度(M)	KD	M/B (out/In)	有機相中の Sr濃度(M)	水相中の Sr濃度(M)	KD	M/B (out/In)
1									7.46×10^{-5}	8.96×10^{-3}	8.33×10^{-3}	1.07
2									8.50×10^{-5}	8.61×10^{-3}	9.87×10^{-3}	1.02
3									8.39×10^{-5}	8.46×10^{-3}	9.92×10^{-3}	1.01
4									8.39×10^{-5}	8.34×10^{-3}	1.01×10^{-2}	0.970
5									8.79×10^{-5}	8.61×10^{-3}	1.02×10^{-2}	1.09
6									6.58×10^{-5}	7.87×10^{-3}	8.37×10^{-3}	0.931
7									8.74×10^{-5}	8.39×10^{-3}	1.04×10^{-2}	1.05
8	12.8				6.08×10^{-4}				9.61×10^{-5}	8.04×10^{-3}	1.19×10^{-2}	1.02
9	195.8	51.8	3.78	1.18	1.04×10^{-2}	1.89×10^{-3}	5.50		5.57×10^{-5}	7.91×10^{-3}	7.04×10^{-3}	1.01
10	616.0	563.2	1.09	1.06	3.02×10^{-2}	2.51×10^{-2}	1.20	1.00	1.87×10^{-4}	7.70×10^{-3}	2.43×10^{-2}	1.08
11	586.0	101.3	5.78	0.956	2.81×10^{-2}	3.94×10^{-3}	7.13	0.934	1.51×10^{-6}	2.87×10^{-4}	5.25×10^{-3}	
12	598.4	84.8	7.06	1.02	2.78×10^{-2}	3.44×10^{-3}	8.08	0.986		4.05×10^{-5}		
13	598.9	83.5	7.17	1.00	2.82×10^{-2}	3.84×10^{-3}	7.35	1.02				
14	597.0	81.5	7.33	0.998	2.80×10^{-2}	3.40×10^{-3}	8.23	0.995				
15	607.5	74.7	8.13	1.01	2.99×10^{-2}	2.88×10^{-3}	10.4	1.07				
16	582.4	71.6	8.13	0.974	2.78×10^{-2}	2.98×10^{-3}	9.34	0.945				

表- 25 DTPA による Am逆抽出試験

段数	5 B AM3P				4 B AM4P			
	有機相中の Am(cpm)	水相中の Am (cpm)	KD	M/B (out/In)	有機相中の Am (cpm)	水相中の Am(cpm)	KD	M/B (out/In)
1	347.9	1685.2	0.206	1.03	213.5	1808.4	0.118	1.14
2	153.9	1730.3	0.0889	1.01	55.5	1961.0	0.0283	1.17
3	150.5	1661.8	0.0906	0.994	43.6	1712.7	0.0255	1.13
4	166.7	1671.6	0.0997	1.00	48.9	1681.3	0.0291	1.13
5	191.5	1673.8	0.114	0.986	41.3	1674.9	0.0247	1.12
6	223.8	1704.9	0.131	0.984	40.7	1659.4	0.0245	1.16
7	274.5	1741.7	0.158	1.01	44.9	1600.2	0.0281	1.16
8	323.9	1731.8	0.187	1.16	78.6	1546.2	0.0508	1.18
9	27.1	577.4	0.0469	1.36	2.6	116.6	0.0224	0.814
10	2.1	85.7	0.0245		1.3	8.8	0.0152	1.89
11	0.4	8.1	0.0515		0.6	1.3	0.046	0.682
12						1.0		
13								
14								
15								

表一 26 DTPAによるAm, Ce逆抽出試験

段数	有機相中のAm(cpm)	水相中のAm(cpm)	KD	M/B (out/In)	有機相中のCe (M)	水相中のCe (M)	KD	M/B (out/In)
1	144.4	867.0	0.167	0.975	3.87×10^{-3}	2.95×10^{-4}	13.0	0.605
2	32.9	1003.3	0.0328	1.09	7.32×10^{-3}	5.36×10^{-3}	1.37	1.02
3	22.5	833.3	0.0270	1.00	8.56×10^{-3}	7.83×10^{-3}	1.09	1.04
4	21.4	822.0	0.0260	1.02	1.06×10^{-2}	8.20×10^{-3}	1.29	0.968
5	19.5	804.1	0.0243	1.07	1.16×10^{-2}	1.03×10^{-2}	1.13	0.997
6	22.0	747.0	0.0295	1.08	1.48×10^{-2}	1.11×10^{-2}	1.34	1.07
7	25.7	690.4	0.0372	0.941	2.09×10^{-2}	1.21×10^{-2}	1.73	0.972
8	36.5	737.8	0.0495	1.32	4.00×10^{-2}	1.76×10^{-2}	2.28	1.07
9	4.0	52.9	0.0766	0.973	4.61×10^{-2}	3.80×10^{-2}	1.22	0.955
10					4.89×10^{-2}	5.36×10^{-2}	0.914	1.01
11					5.07×10^{-2}	5.71×10^{-2}	0.887	1.02
12					5.40×10^{-2}	5.74×10^{-2}	0.941	1.05
13					5.24×10^{-2}	5.61×10^{-2}	0.935	0.988
14					4.73×10^{-2}	5.52×10^{-2}	0.856	0.979
15					4.01×10^{-2}	4.94×10^{-2}	0.811	1.01
16					1.79×10^{-2}	3.56×10^{-2}	0.501	0.975

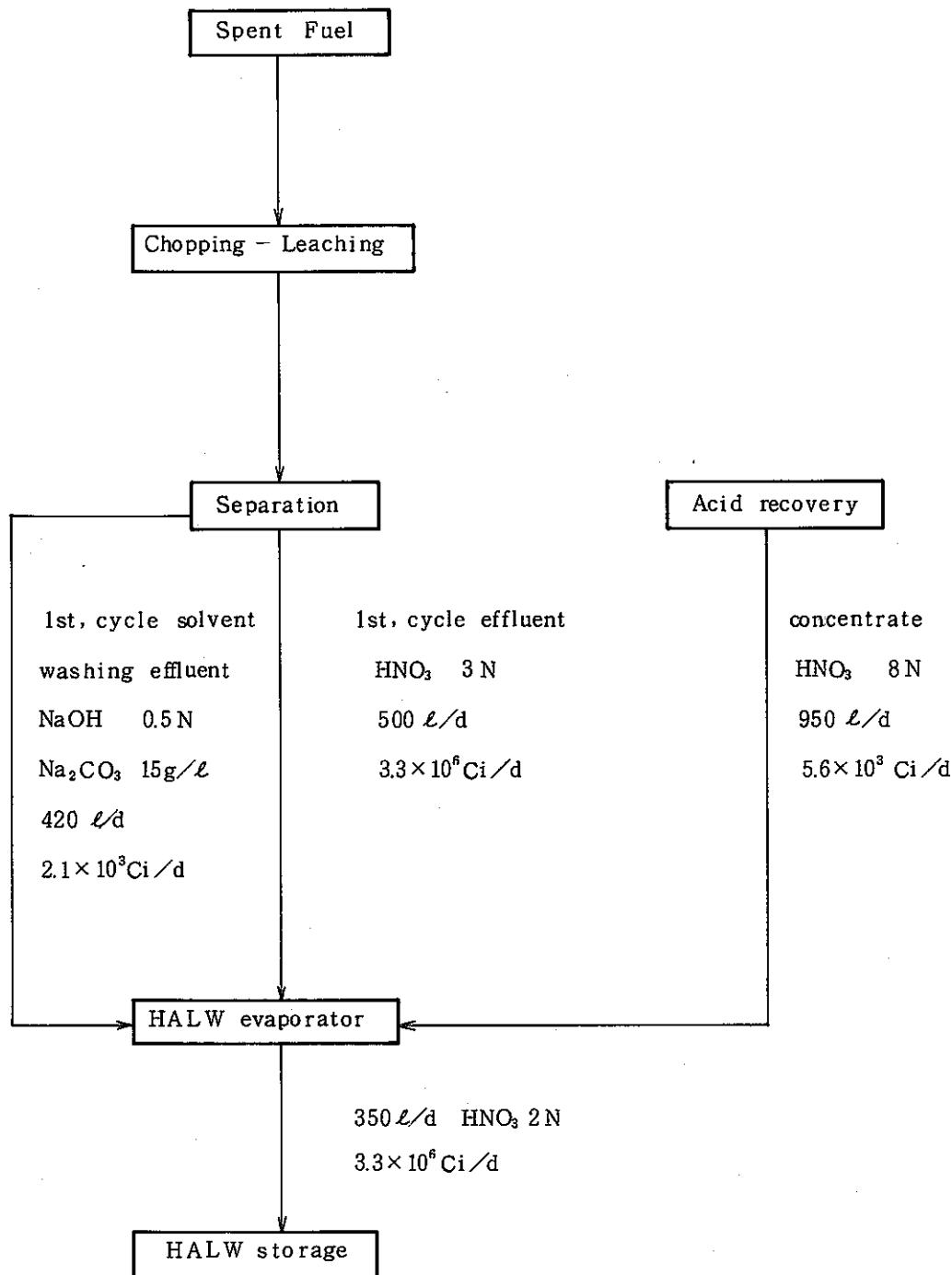


図-1 再処理における高放射性廃液の発生（PNC型）

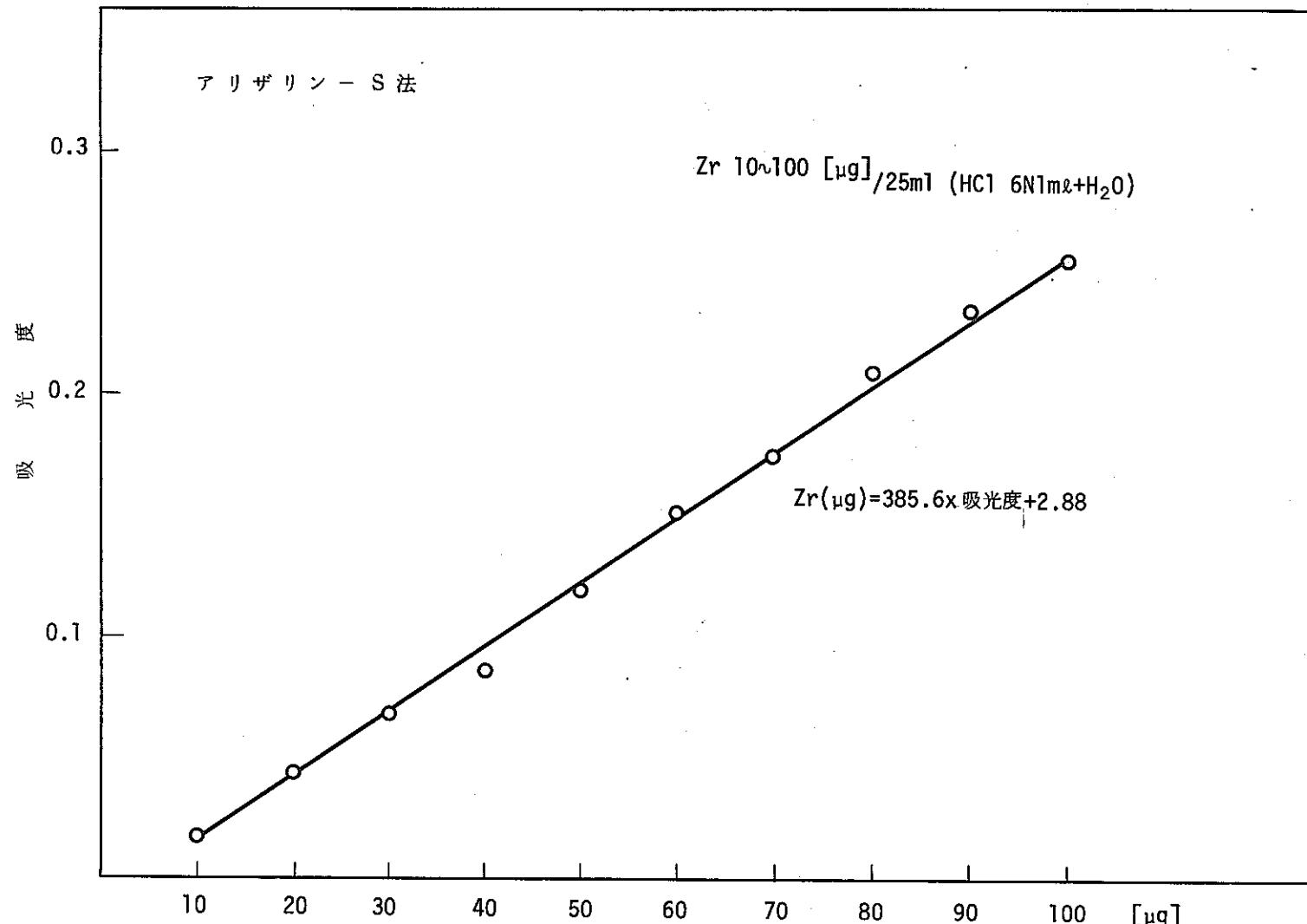


図-2 Zr 検量線

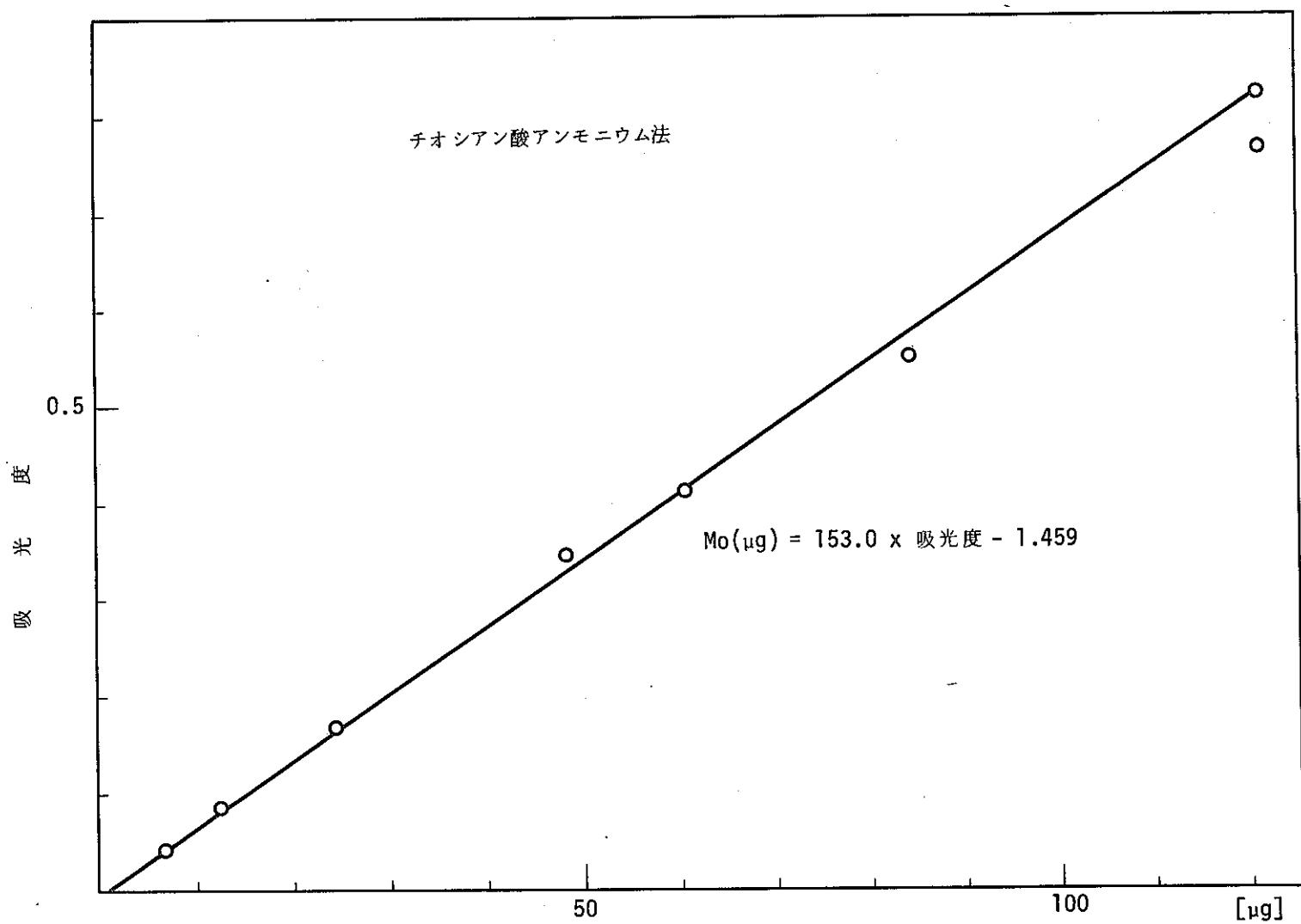


図-2-1 Mo 検量線

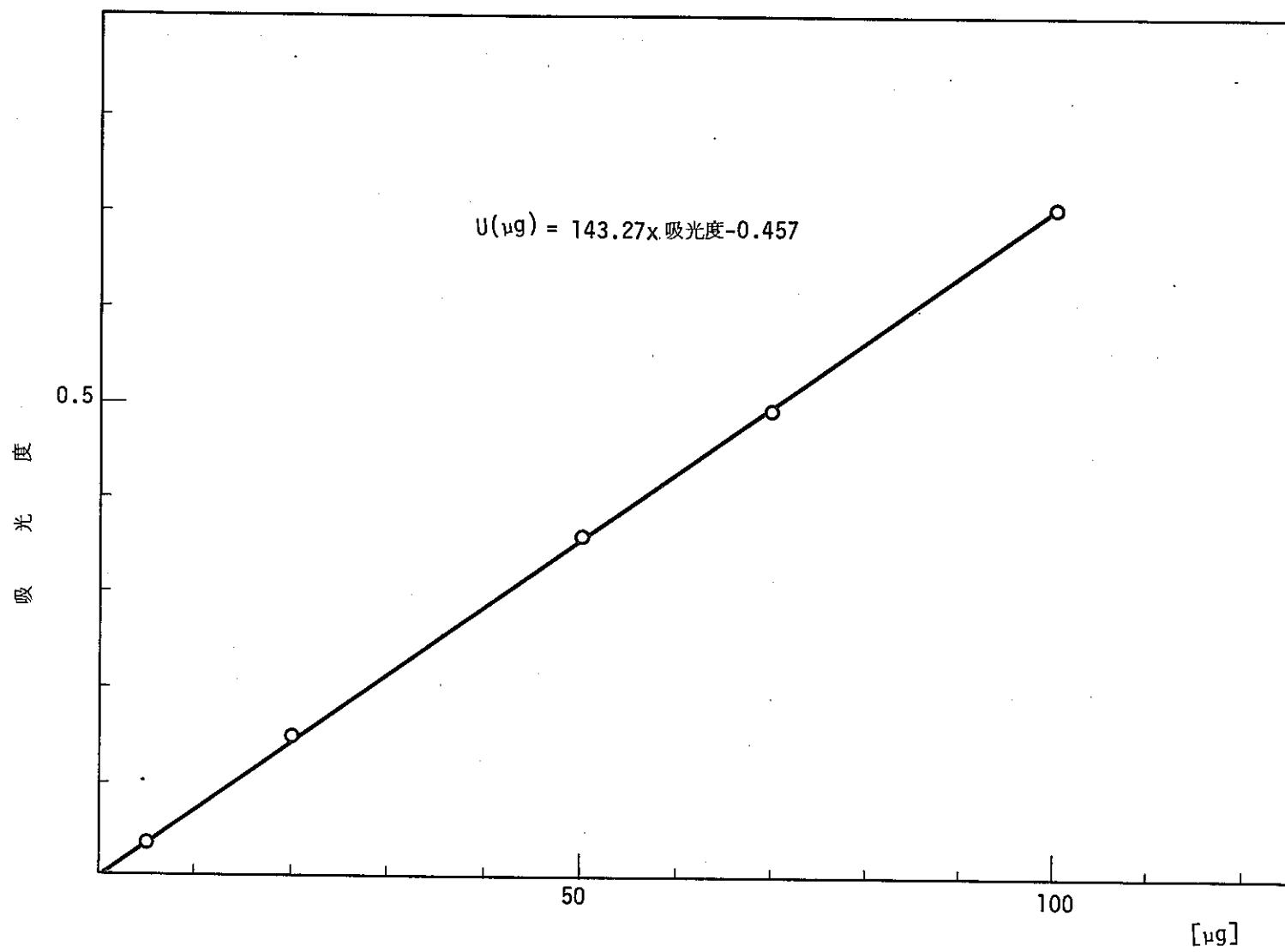


図-3 U 検量線

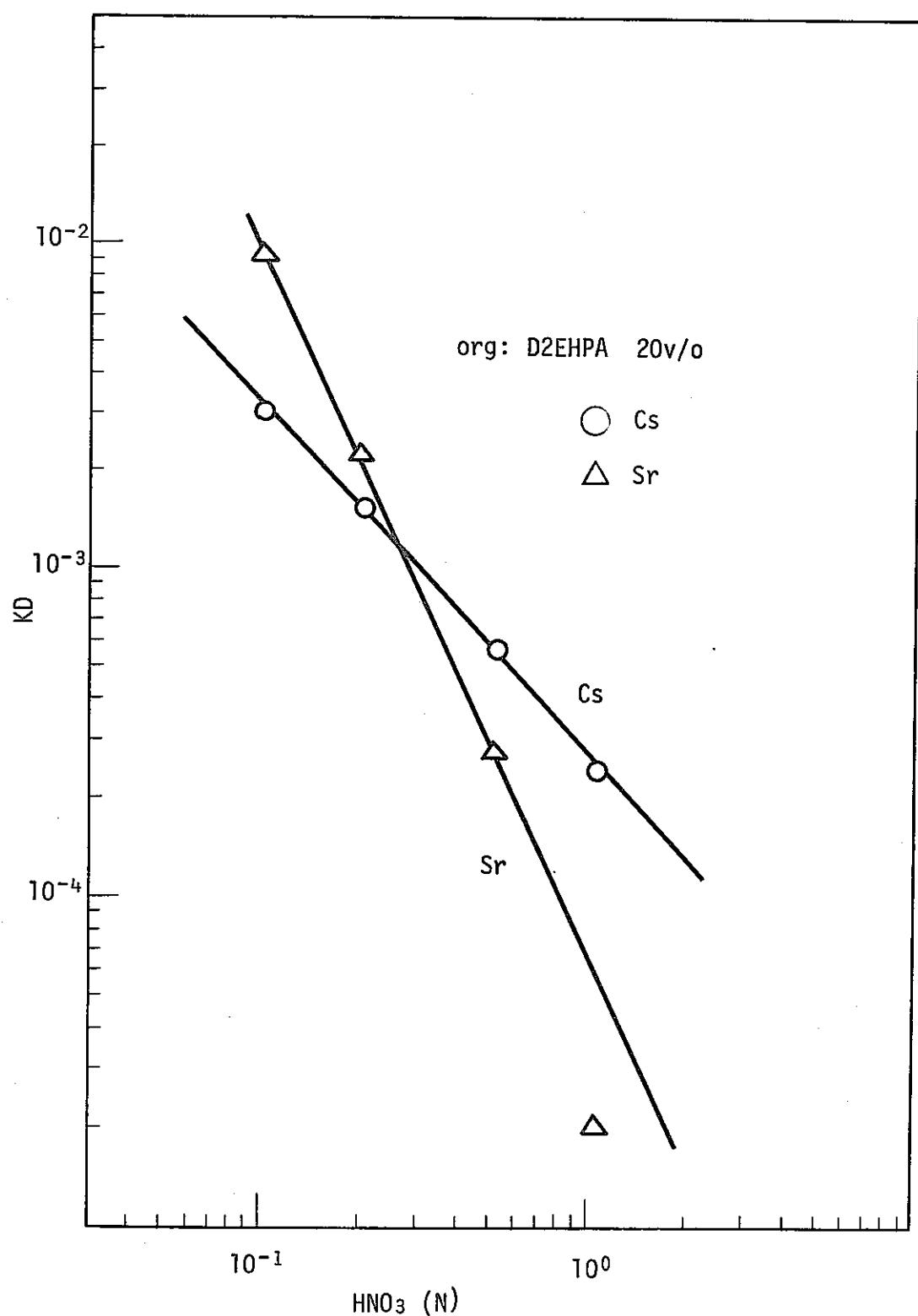


図-4 D2EHPA-HNO₃系でのCs, Srの抽出
(HNO₃濃度を変化させた場合)

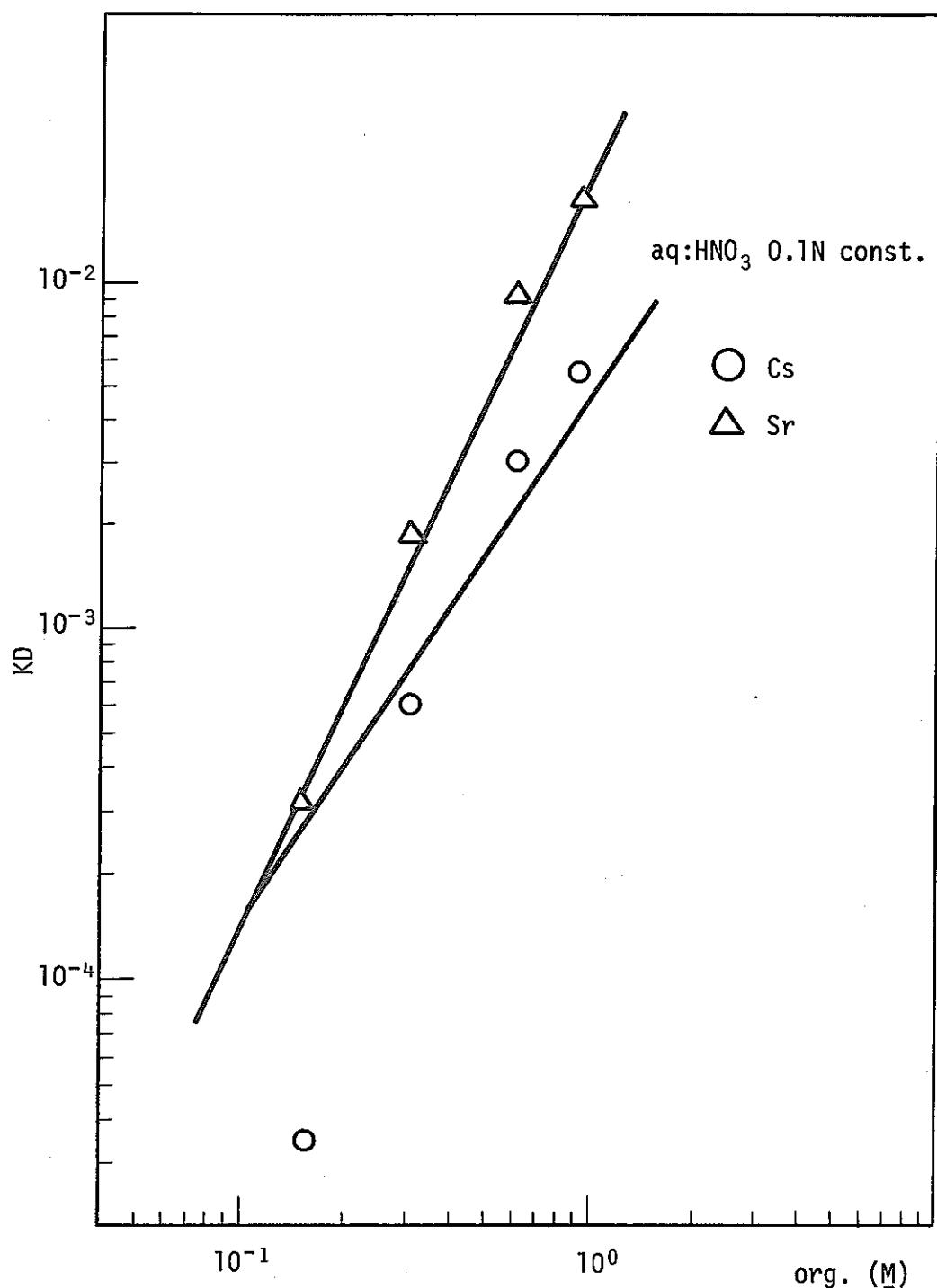


図-5 D2EHPAによるCs, Srの抽出

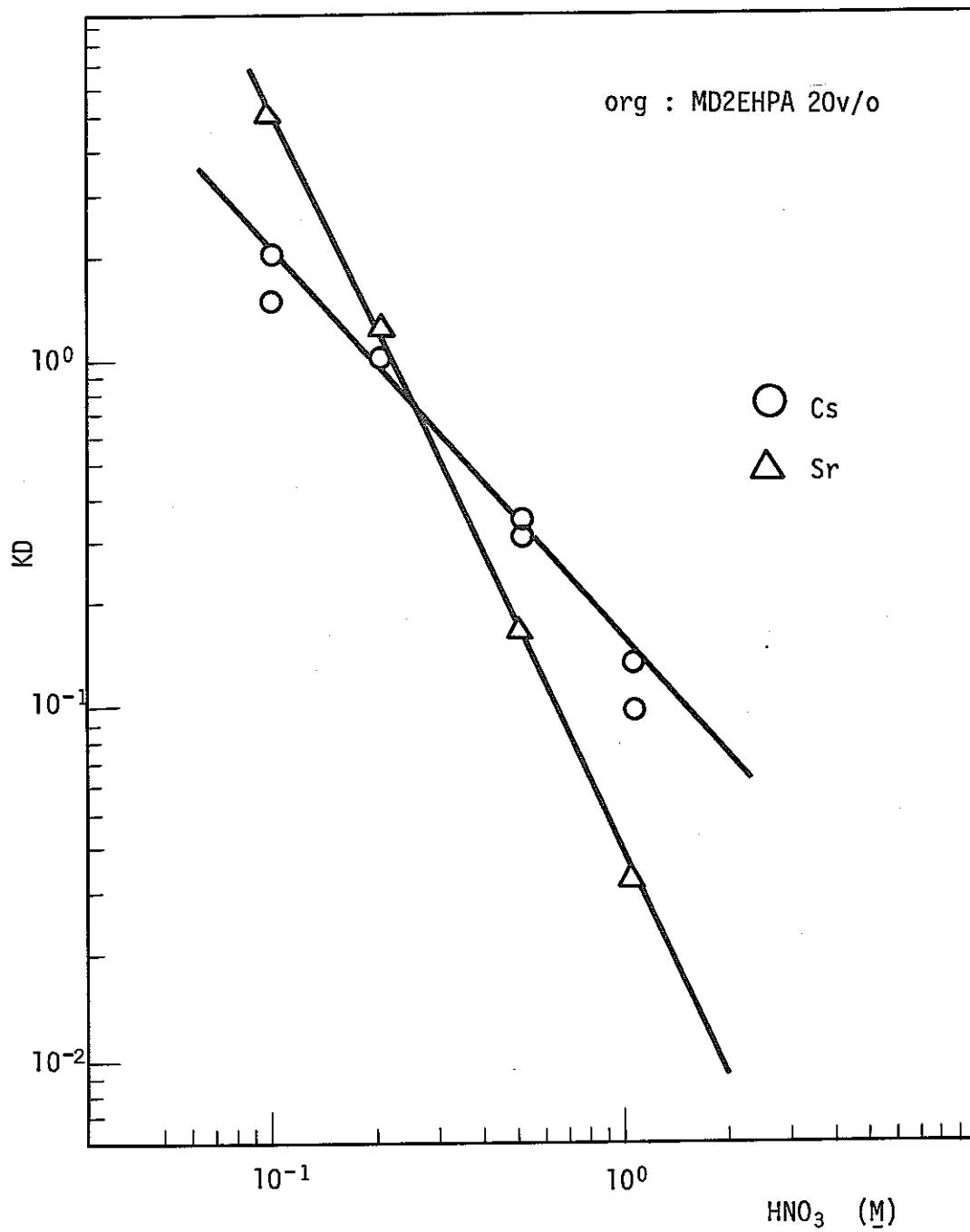


図-6 混合溶媒による Cs, Sr の抽出

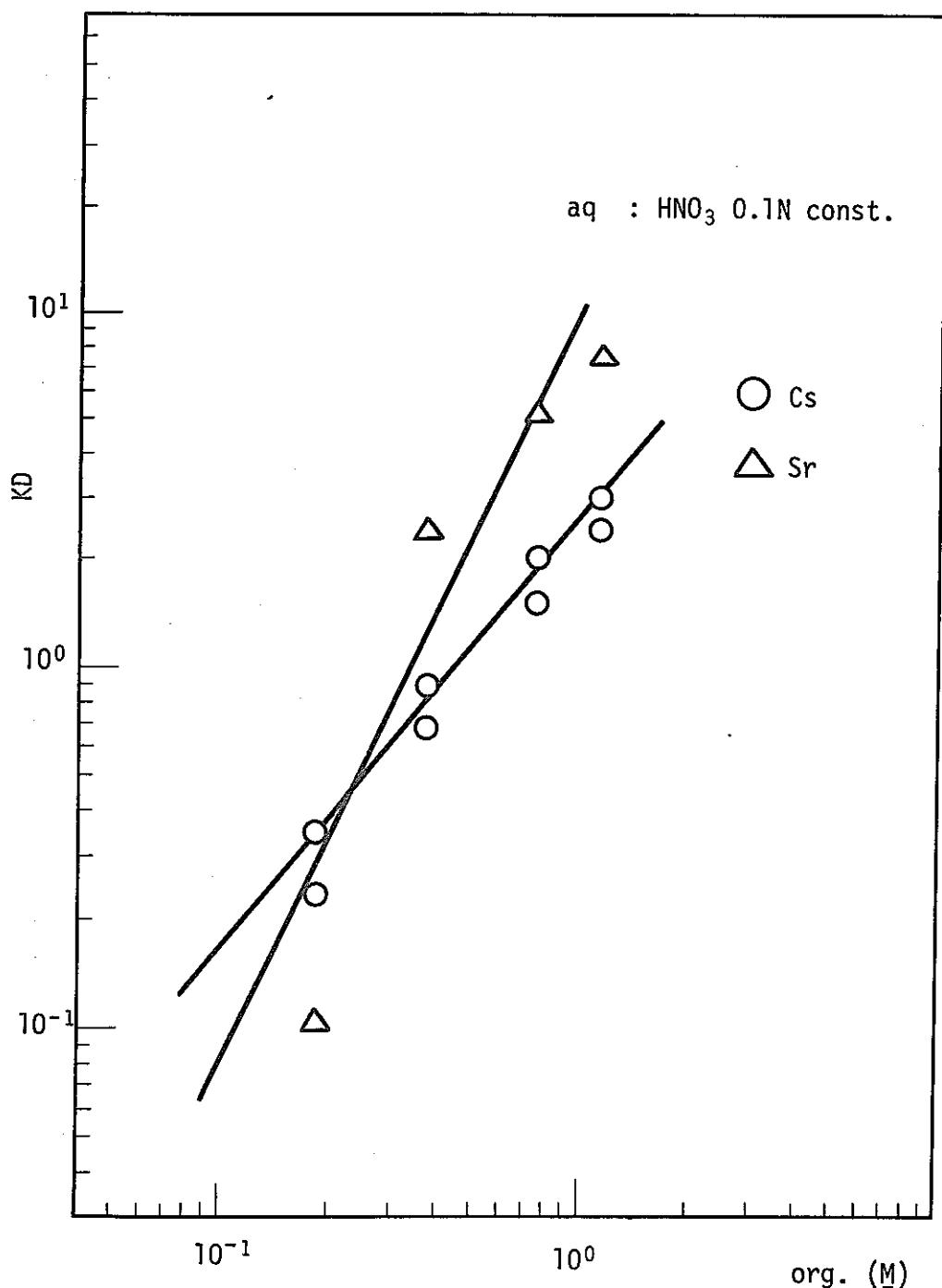


図-7 混合溶媒による Cs, Sr の抽出

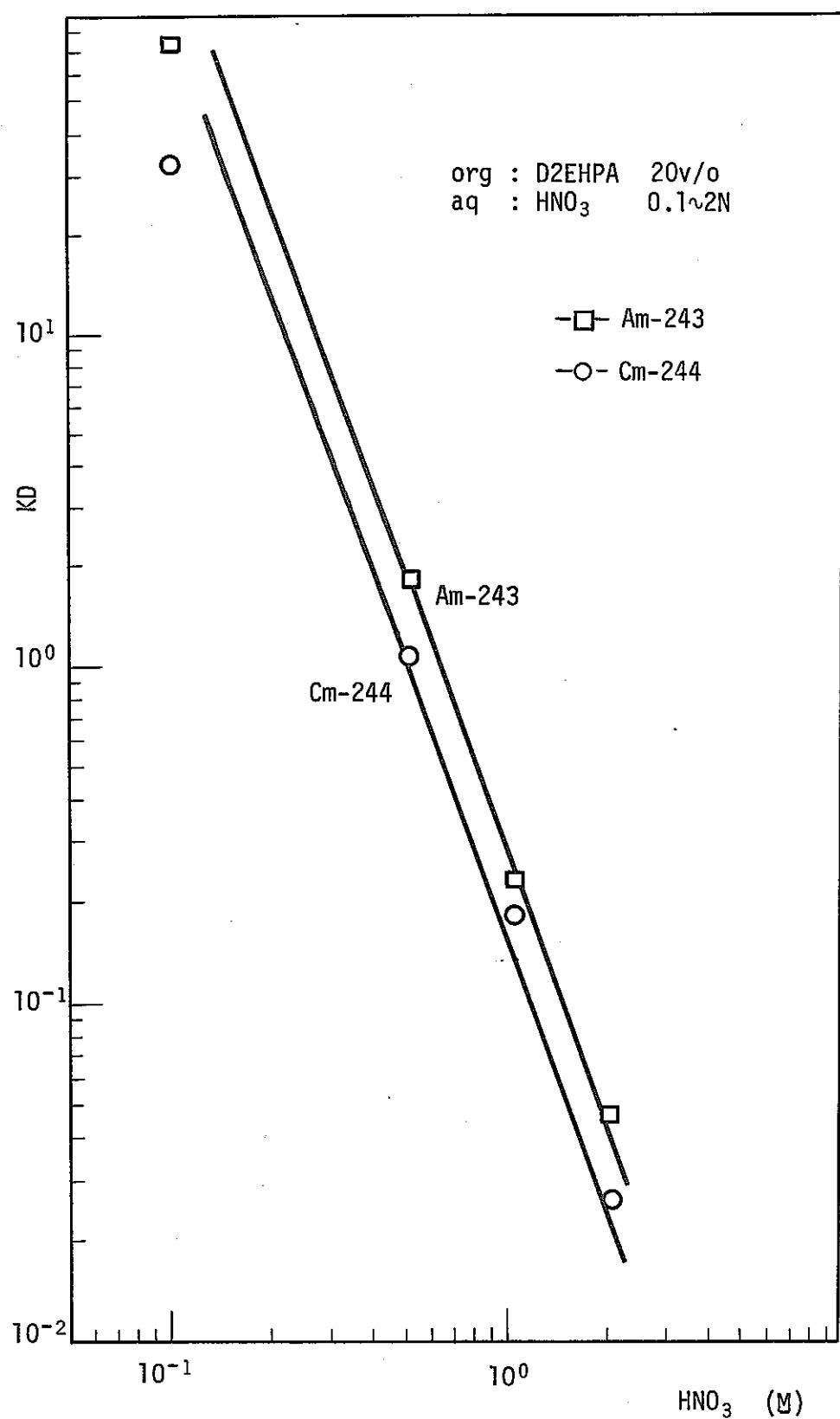


図-8 D2EHPA(20v/o)による Am, Cm の抽出

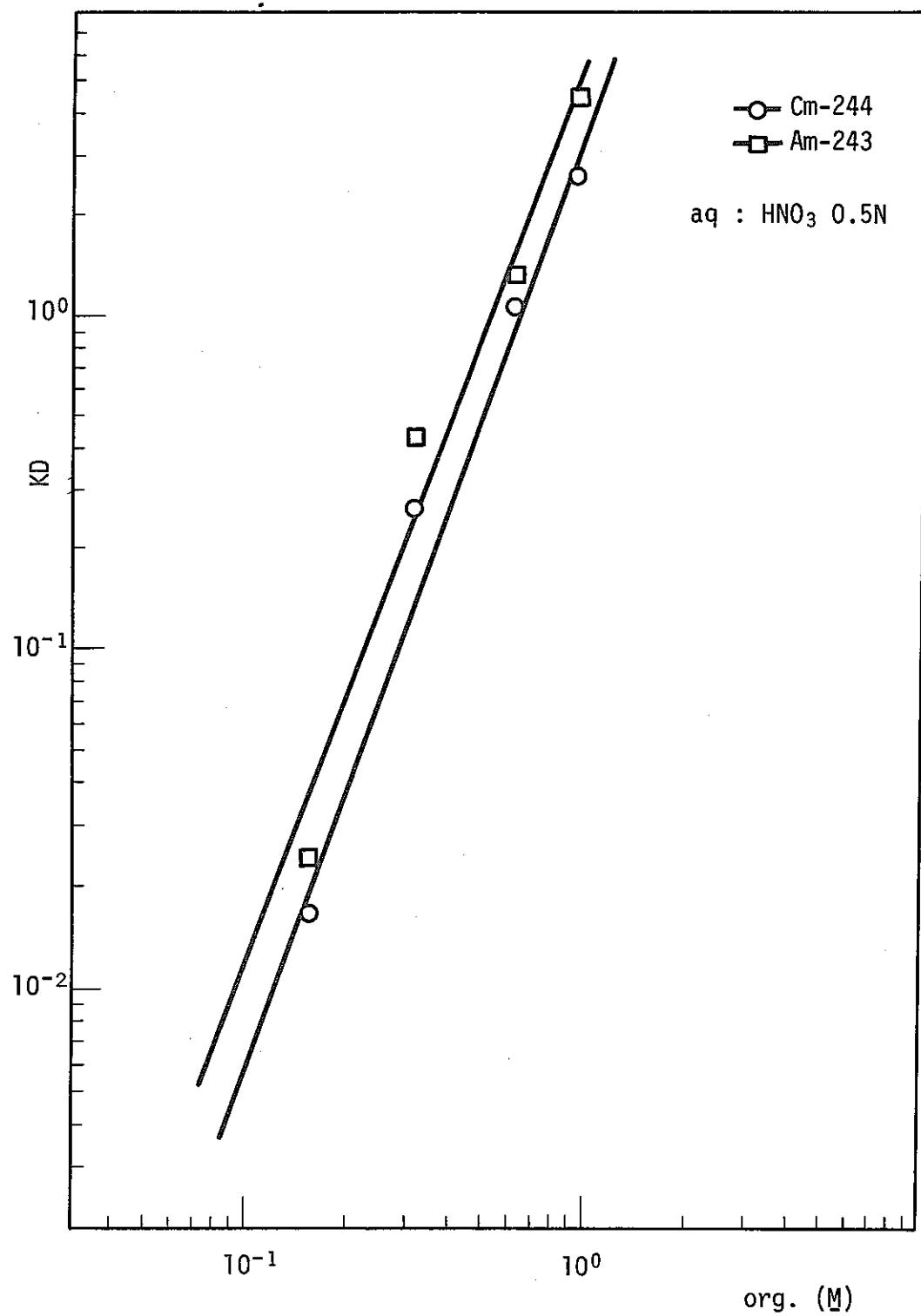


図-9 D2EHPAによるAm, Cmの抽出

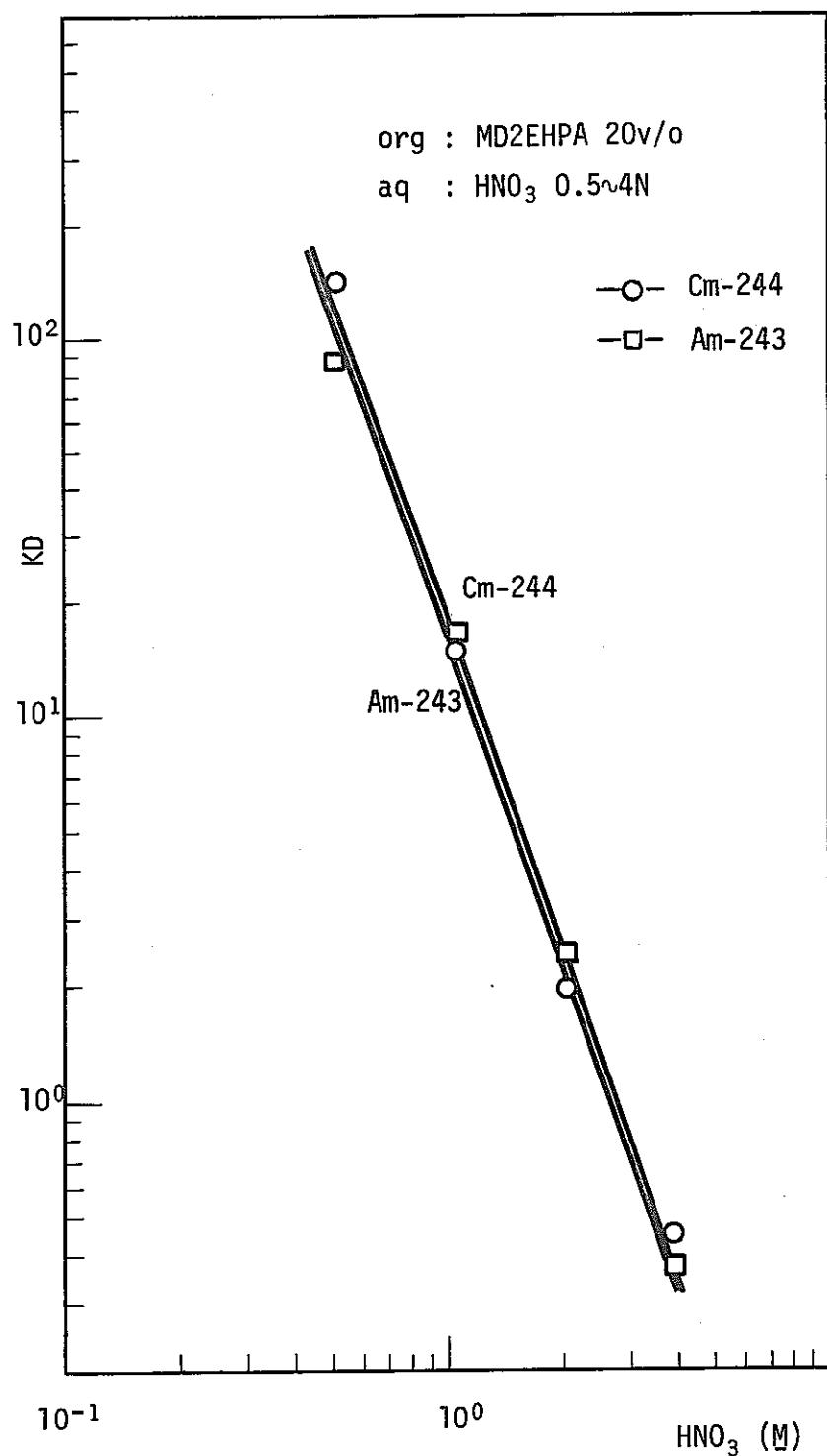


図-10 混合溶媒による Am, Cmの抽出

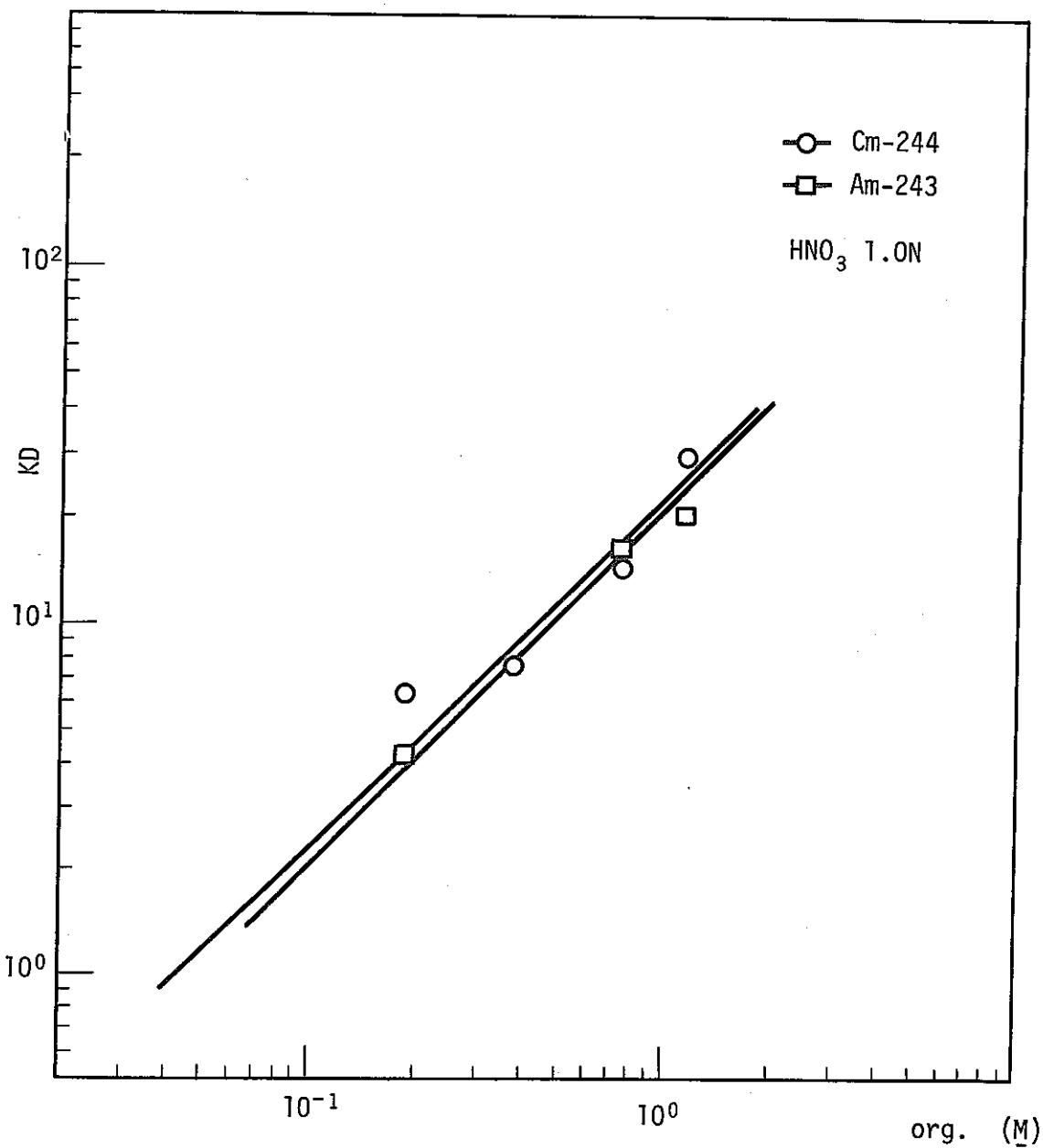


図-11 混合溶媒によるAm, Cmの抽出

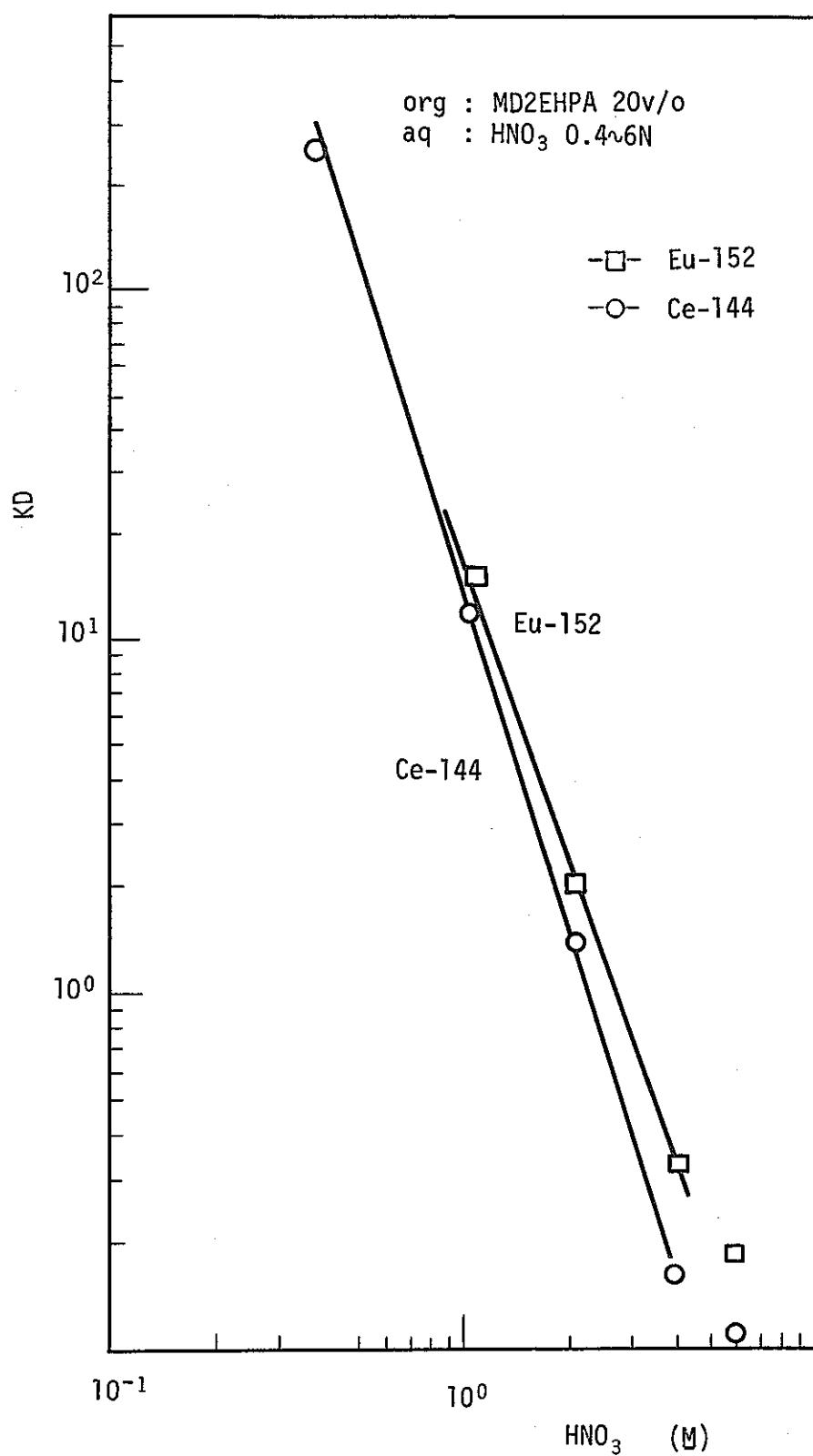
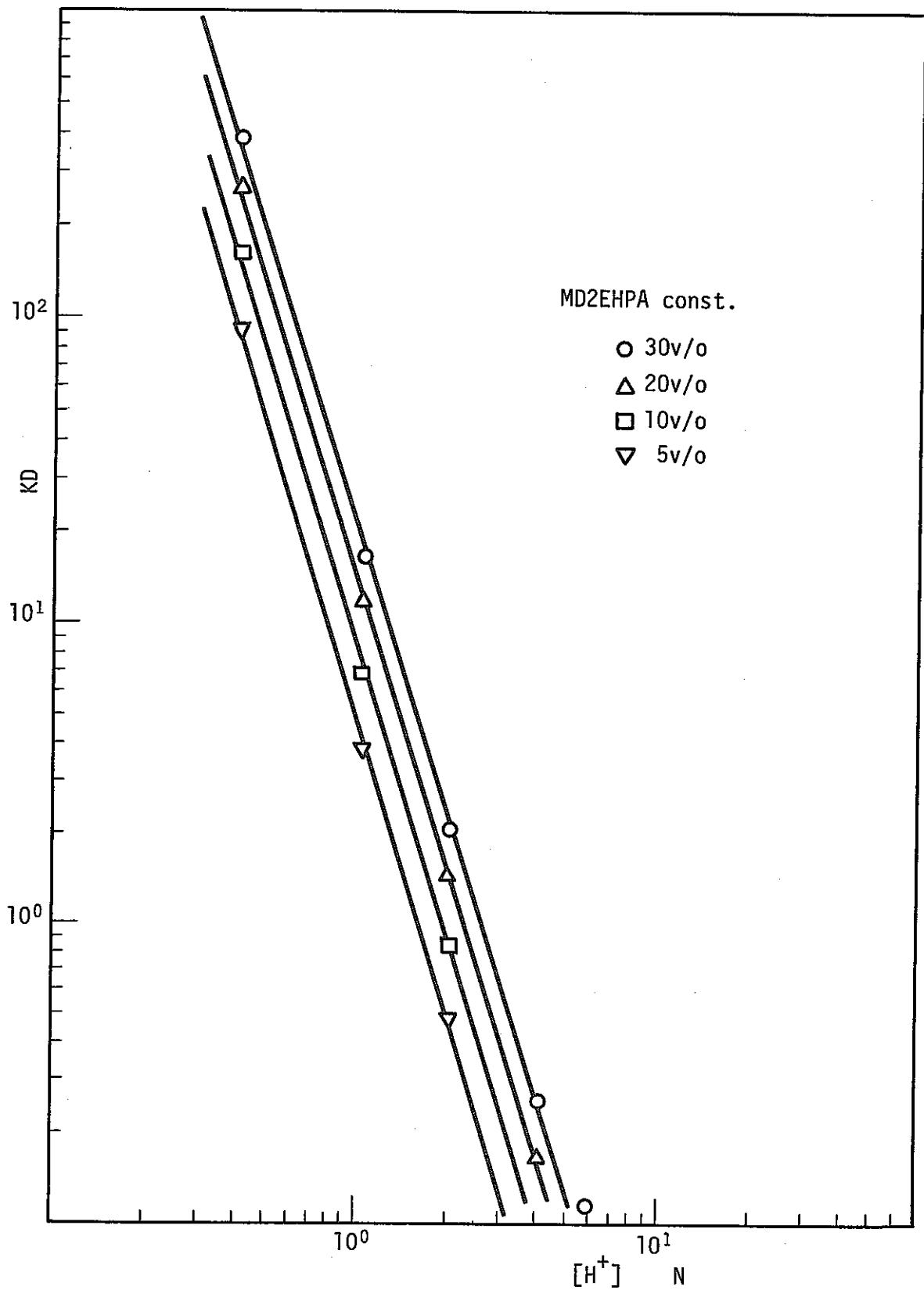


図-11-1 混合溶媒による Eu, Ce の抽出

図-11-2 HNO₃濃度によるCe(Ⅲ)のK.D.変化

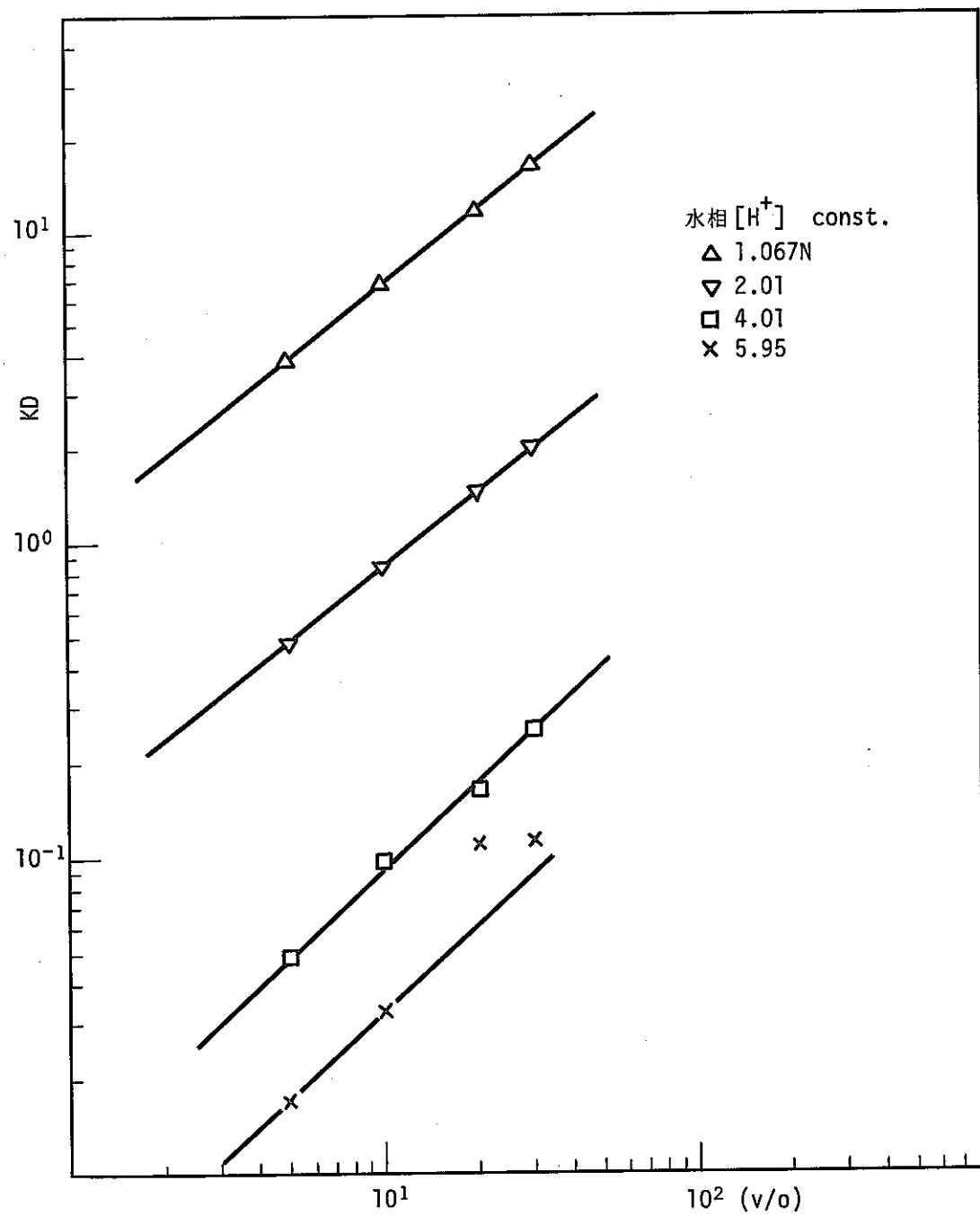


図-11-3 MD2EHPA の濃度変化による Ce の KD変化

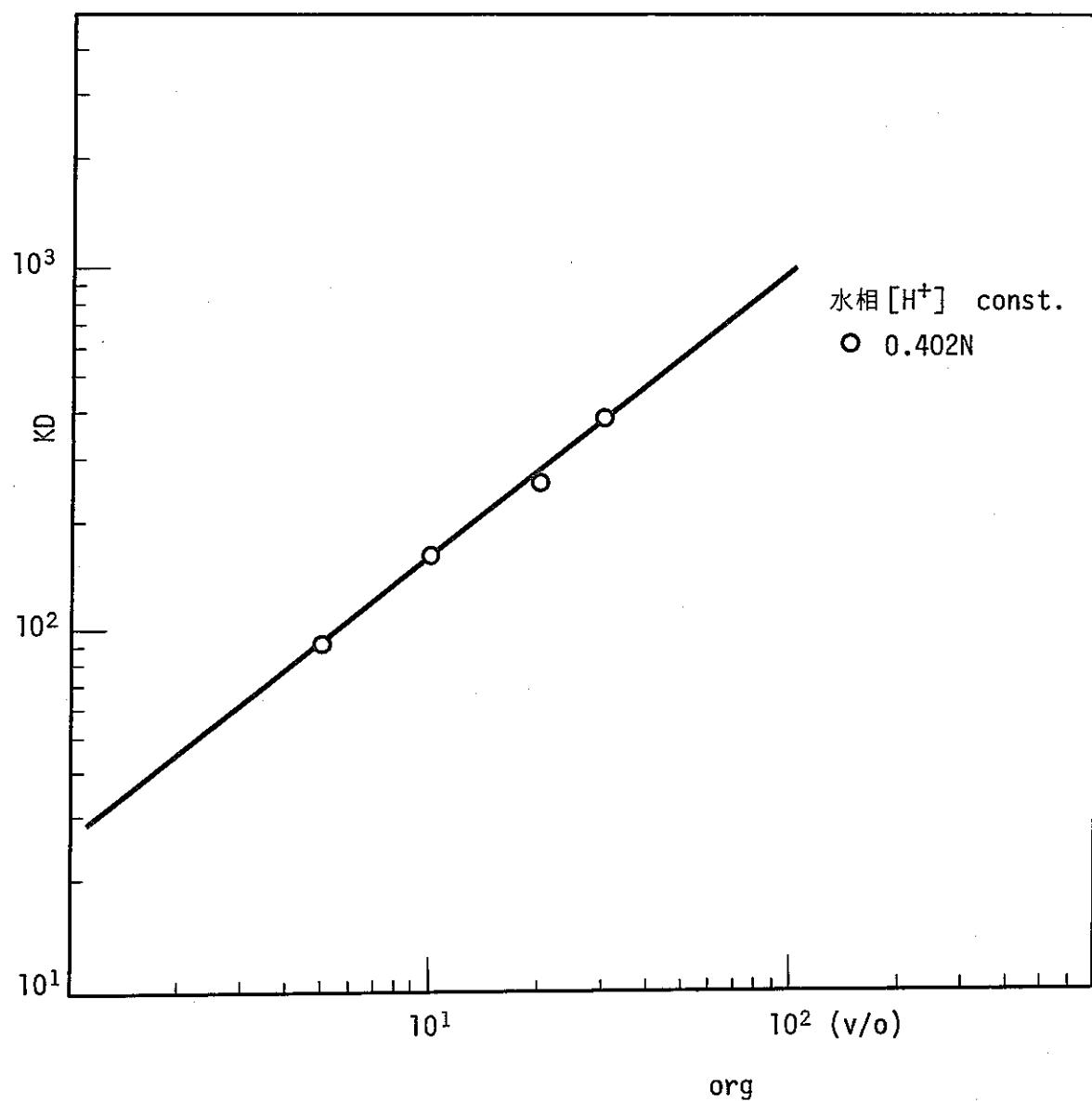
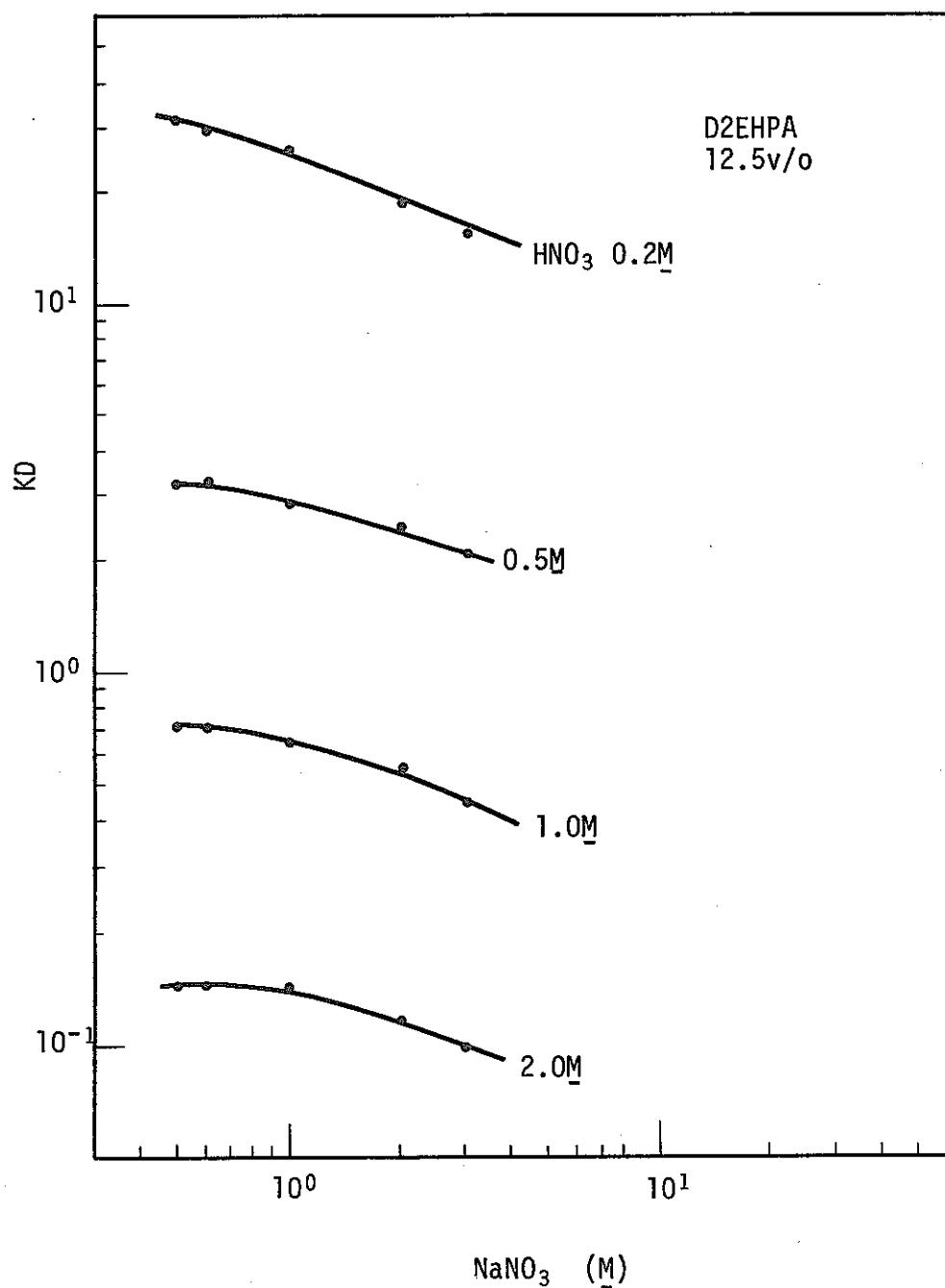
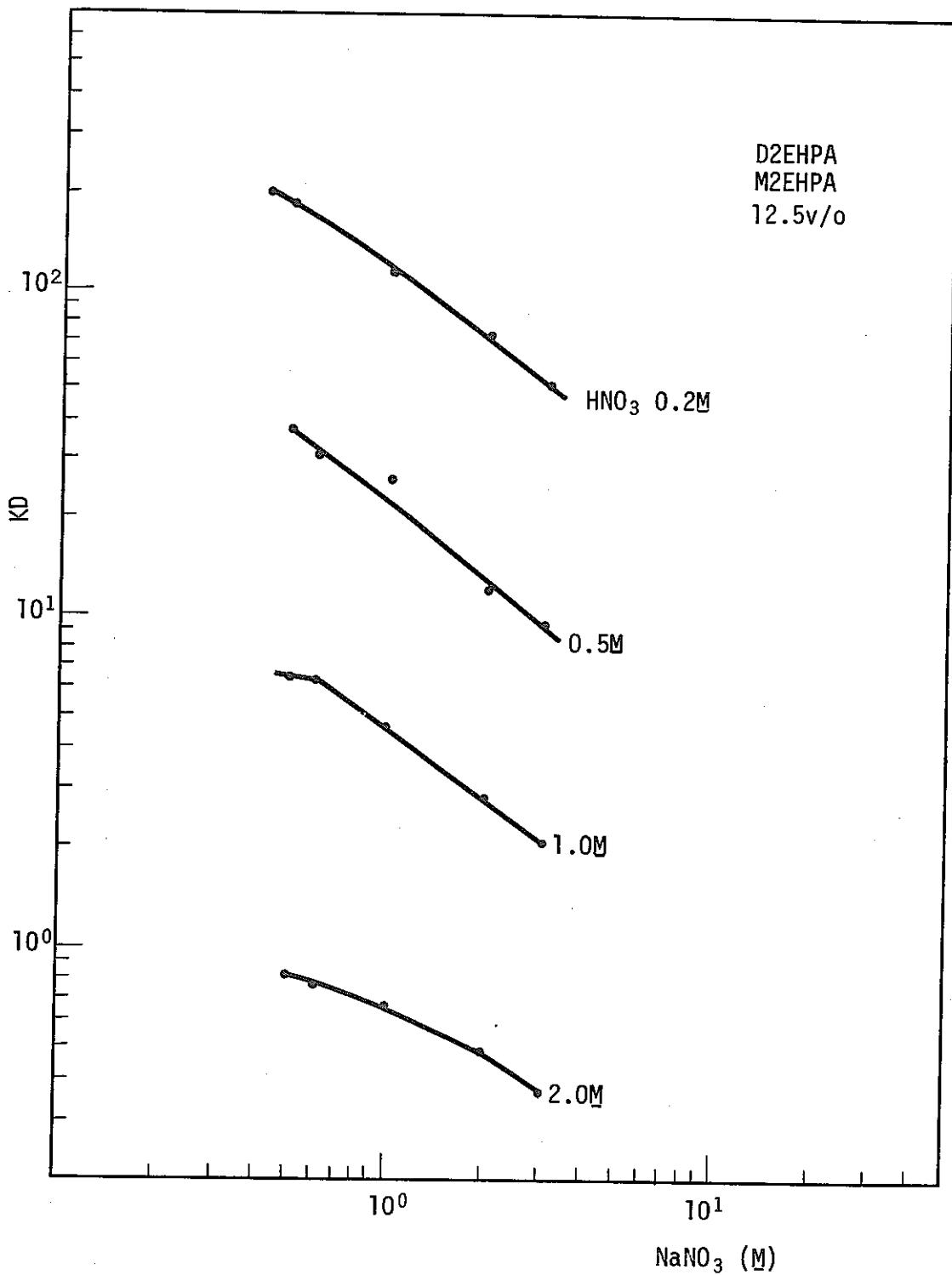


図-11-4 MD2EHPA の濃度変化による Ce の KD変化

図-12 Ce の K D に対する NaNO_3 の影響

図-13 CeのKDに対する NaNO_3 の影響

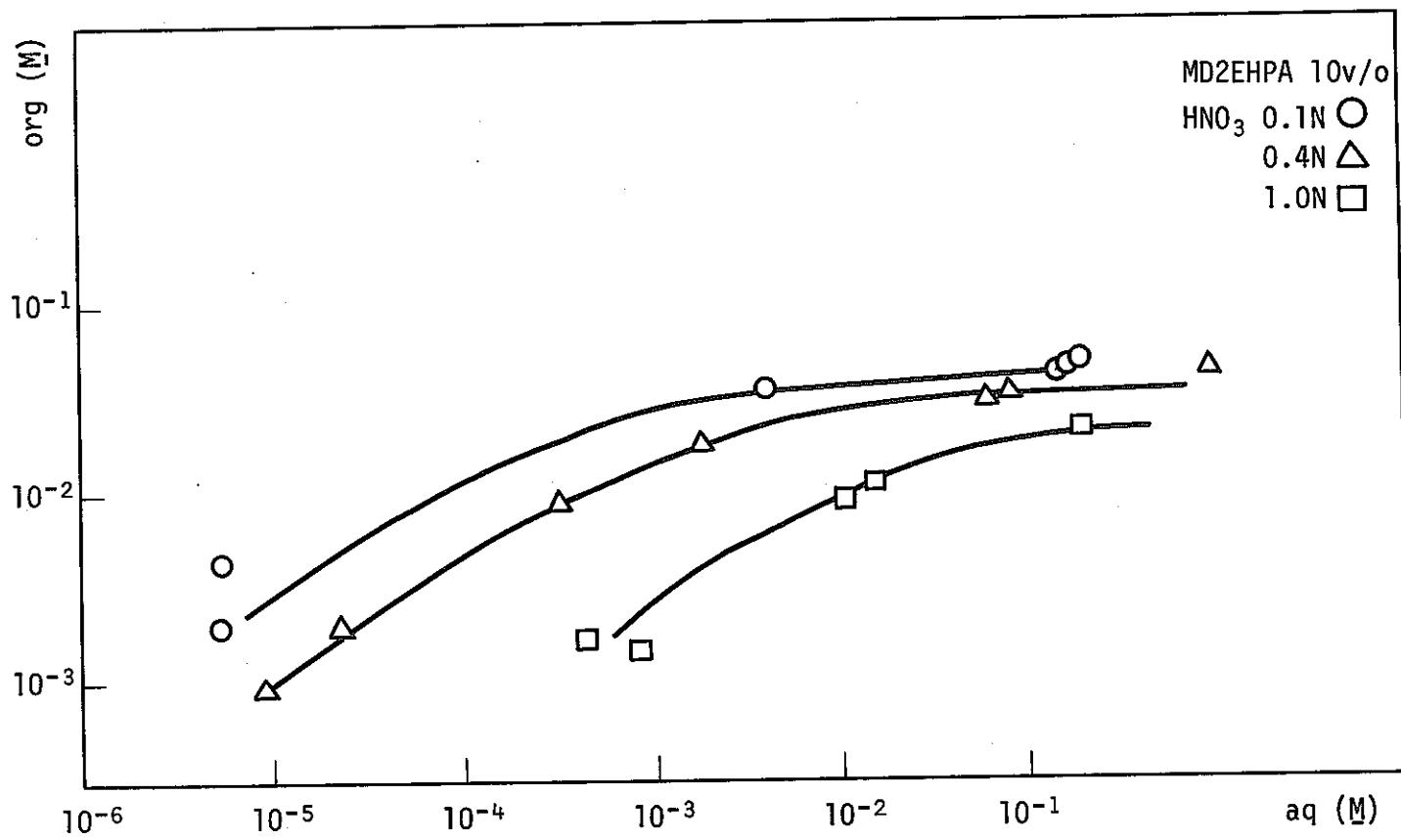


図-13-1 混合溶媒によるCeの抽出

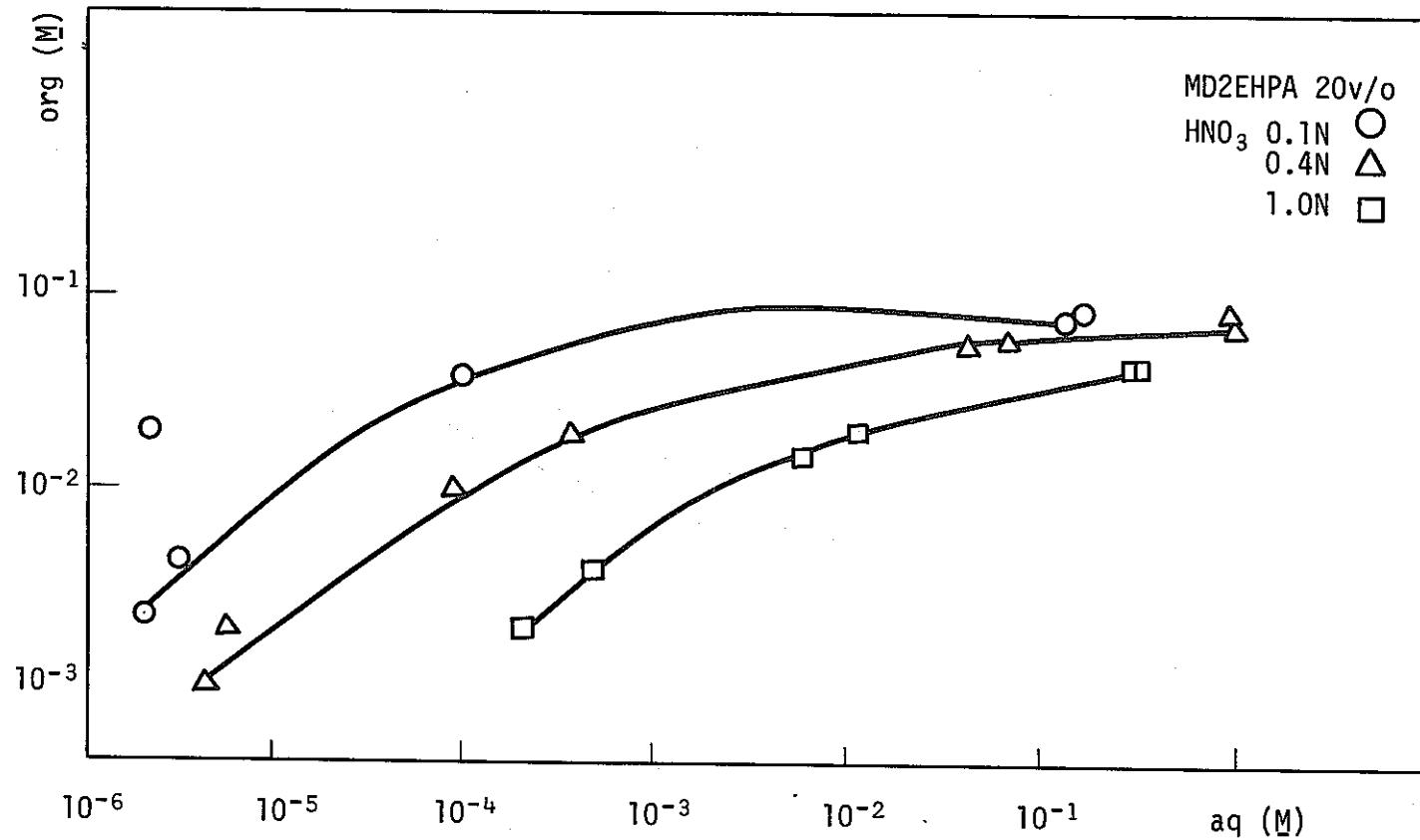


図-13-2 混合溶媒による Ce の抽出

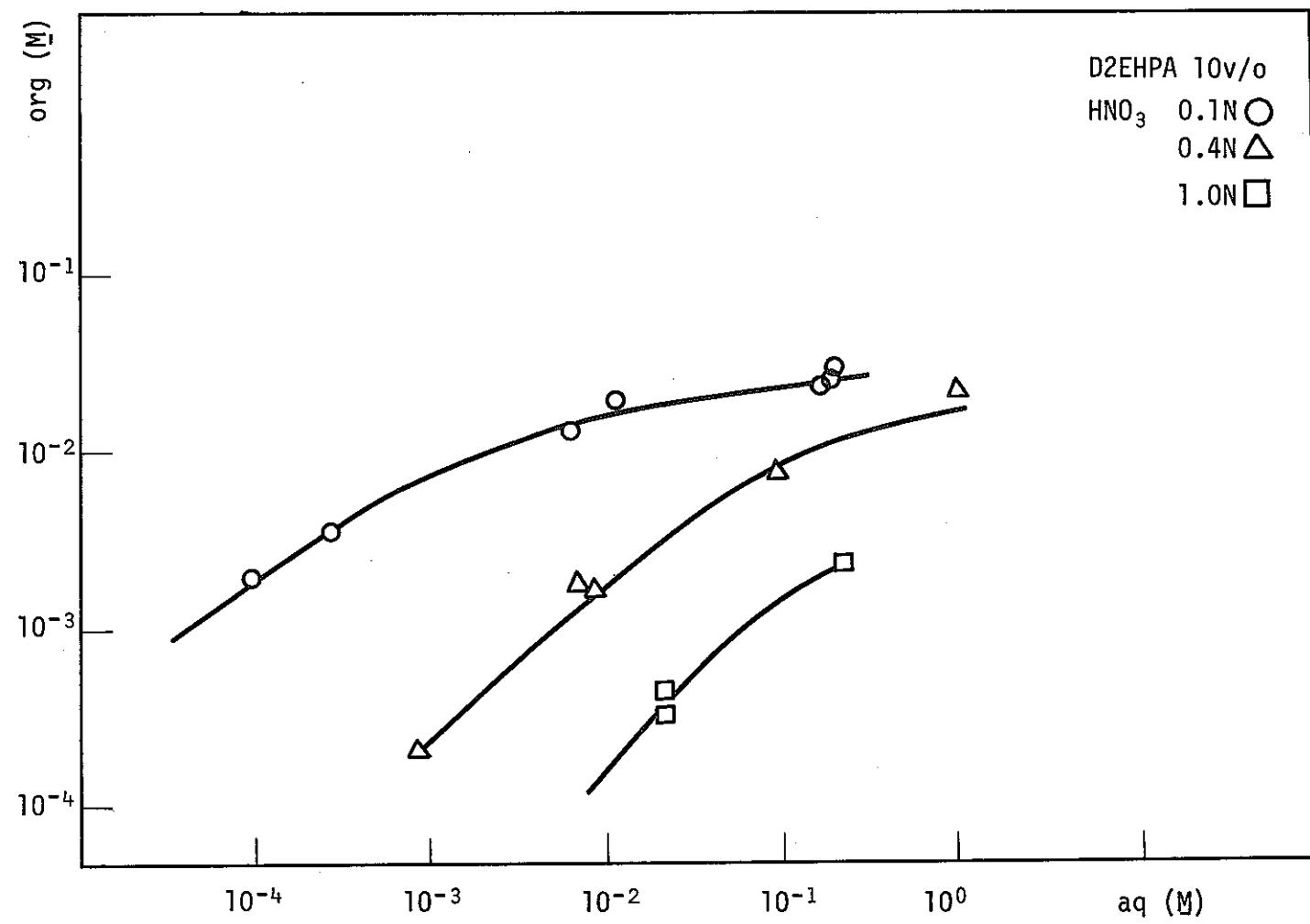


図-13-3 D2EHPAによるCeの抽出

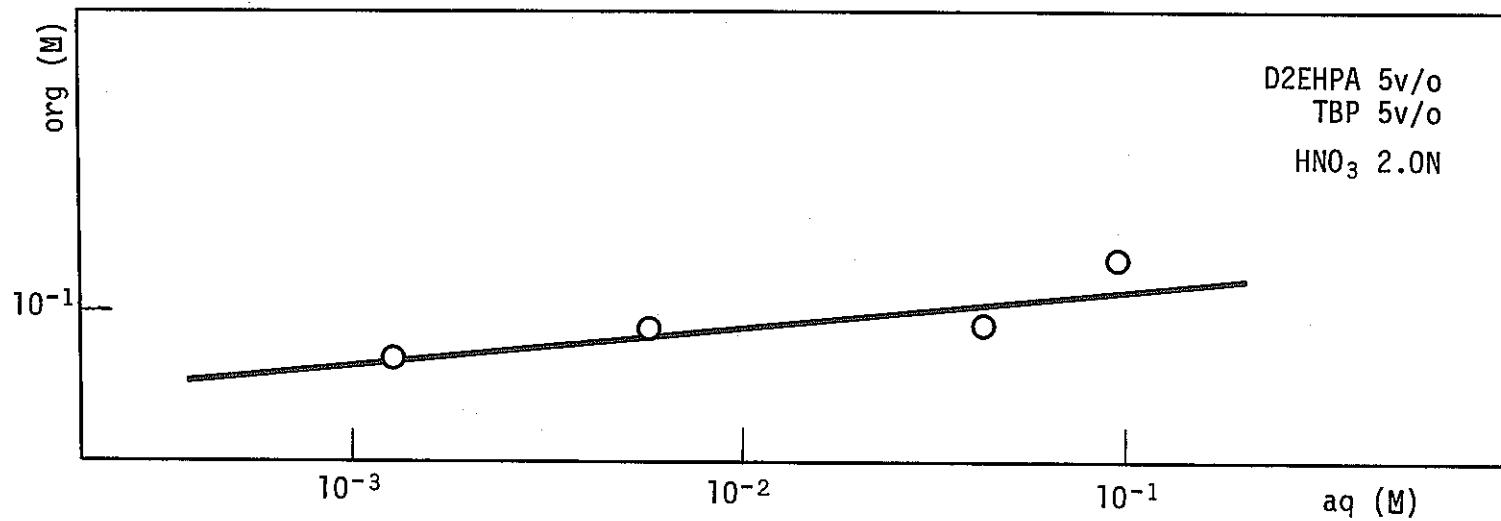


図-14 D2EHPA+TBPによるZr抽出

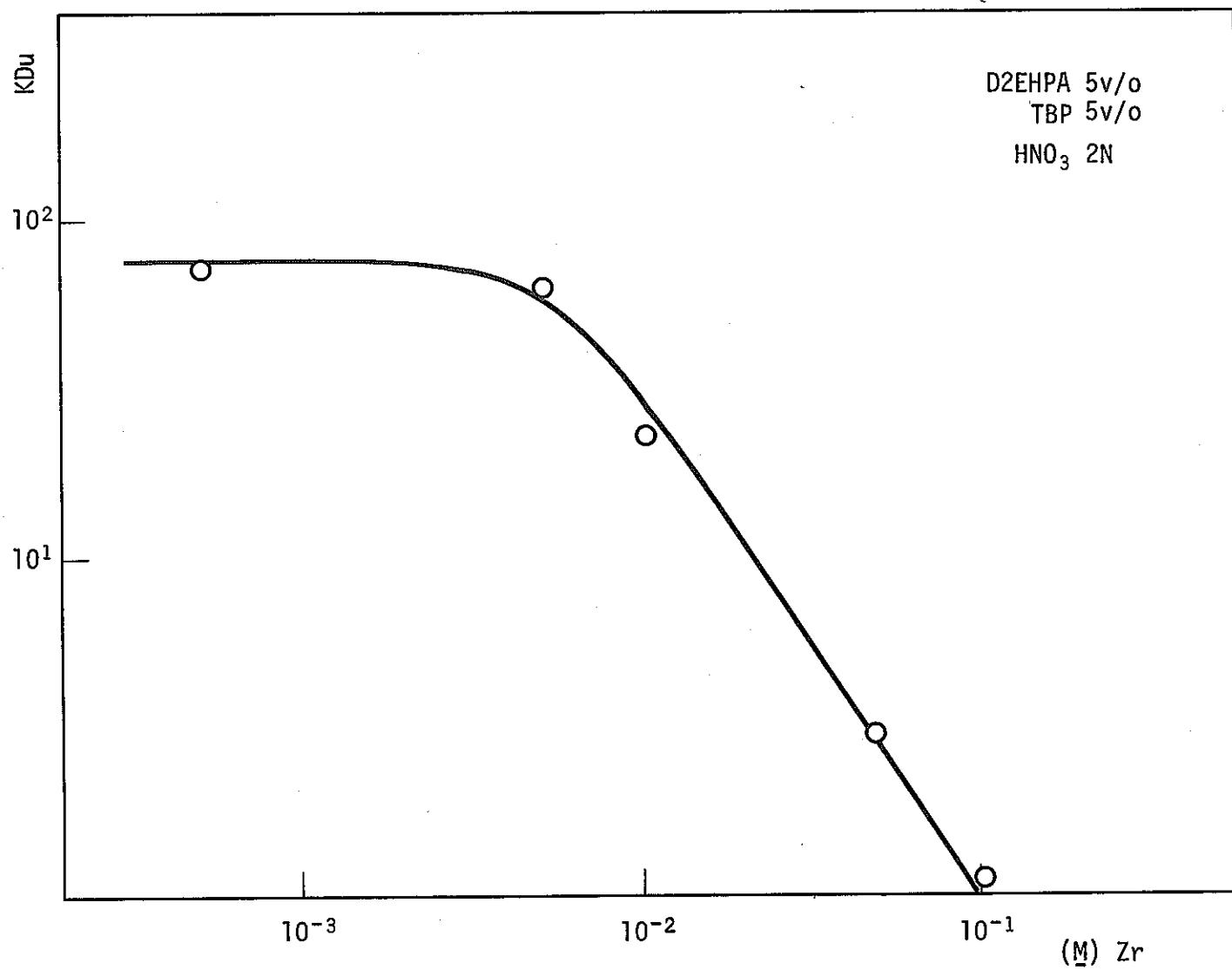


図-15 D2EHPA+TBPによるZr系でのUの抽出

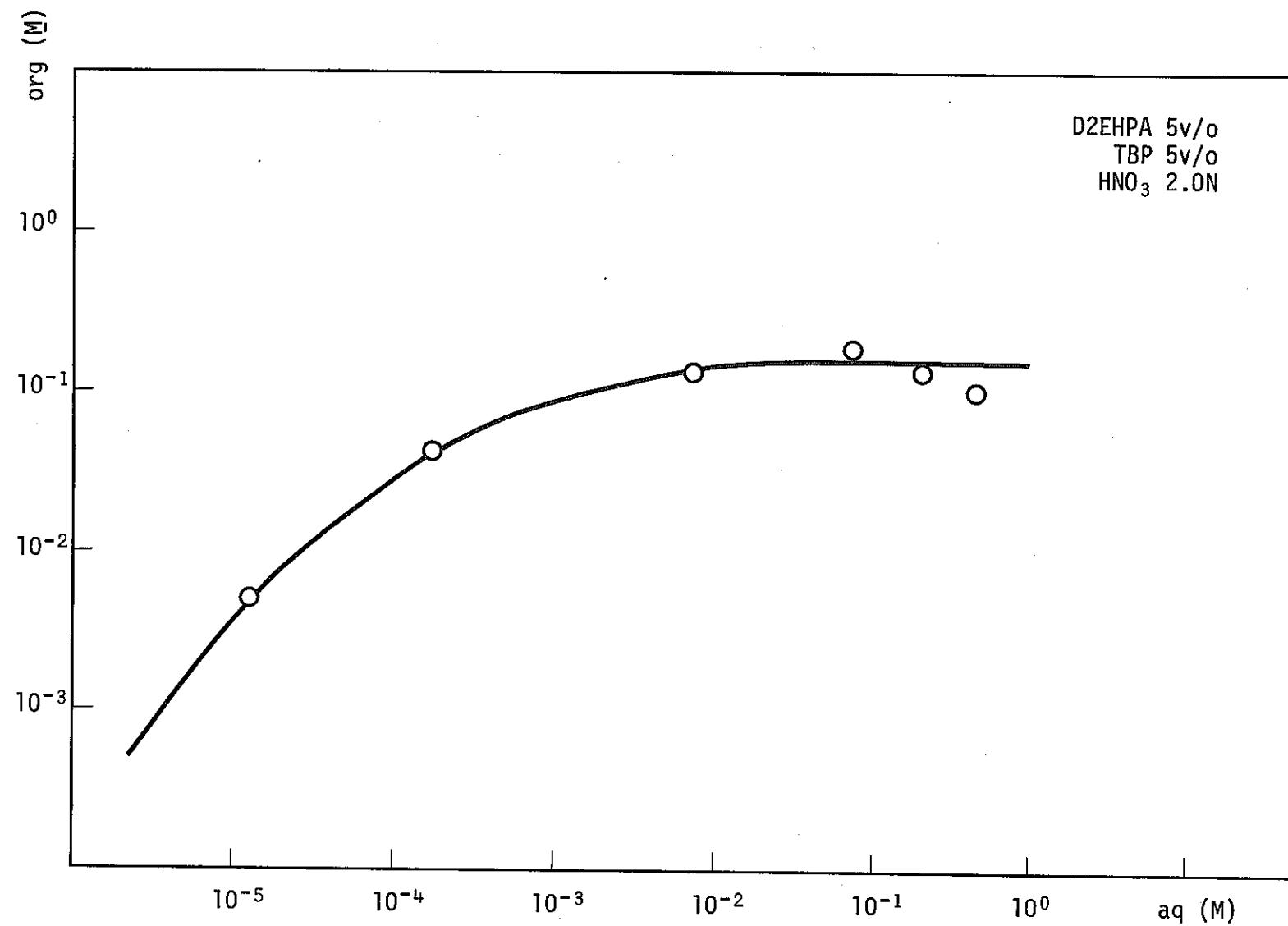


図-16 D2EHPA+TBPによるUの抽出

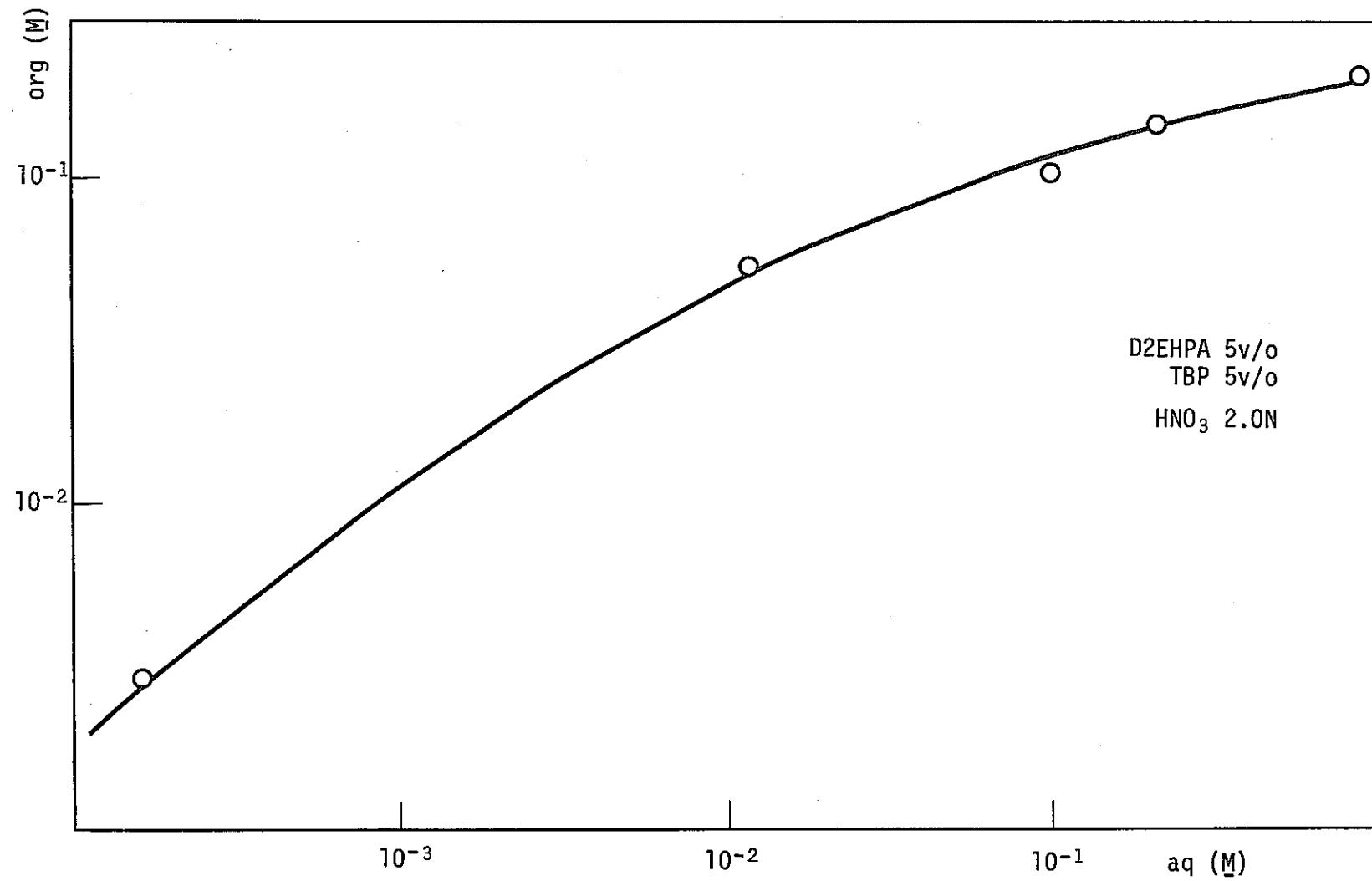


図-17 D2EHPA+TBPによるMoの抽出

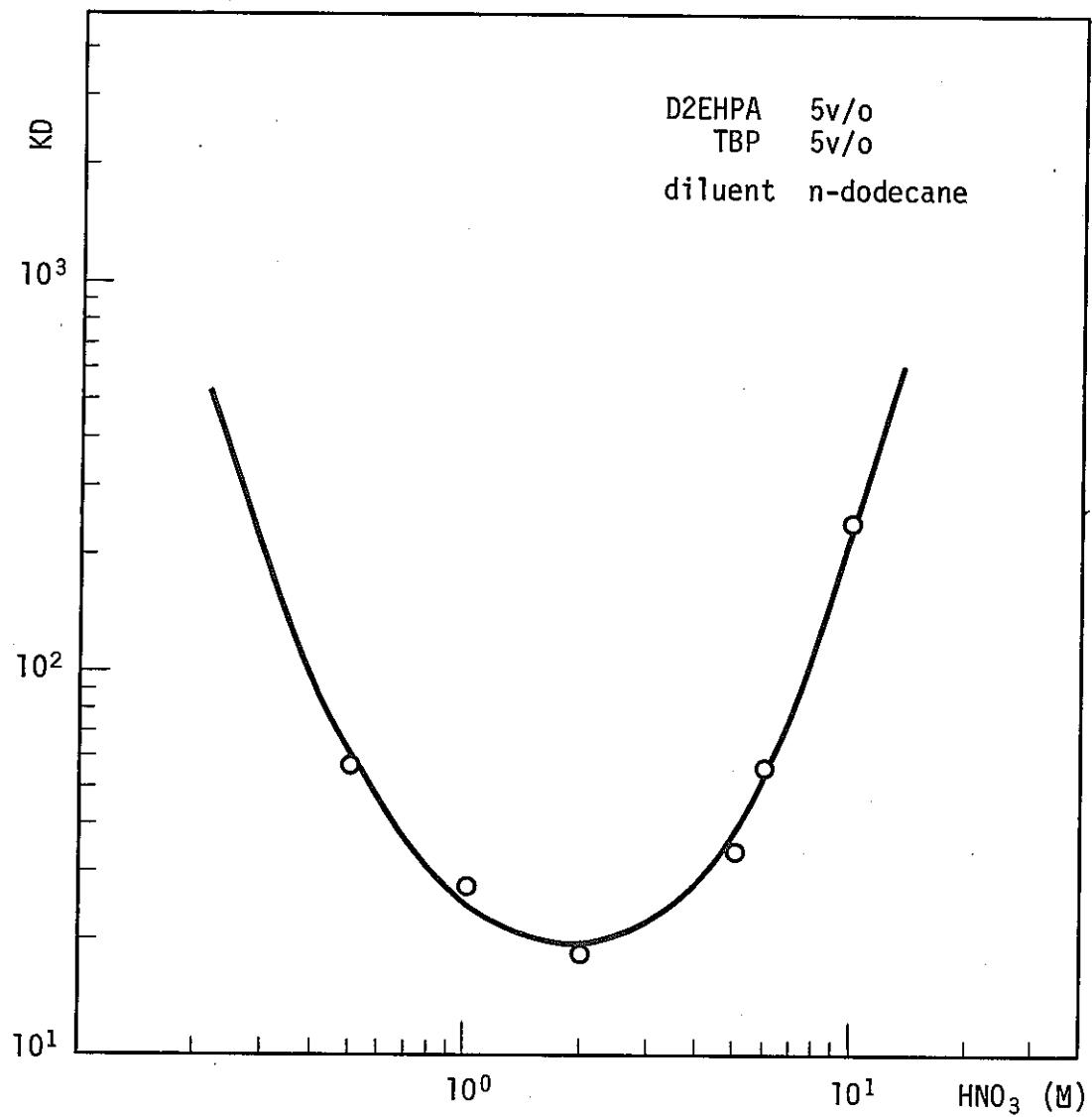


図-18 D2EHPA+TBPによるMoの抽出

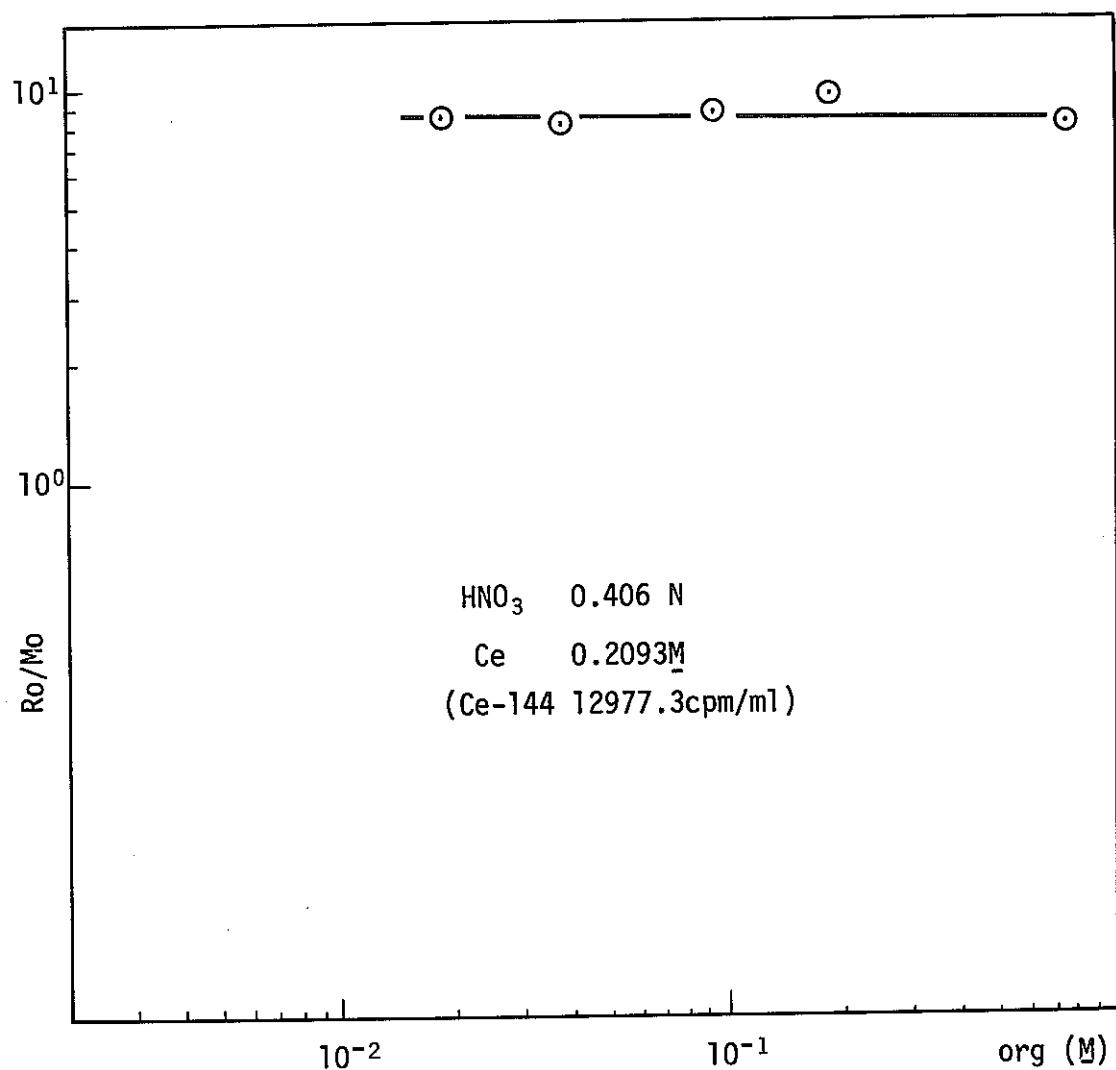
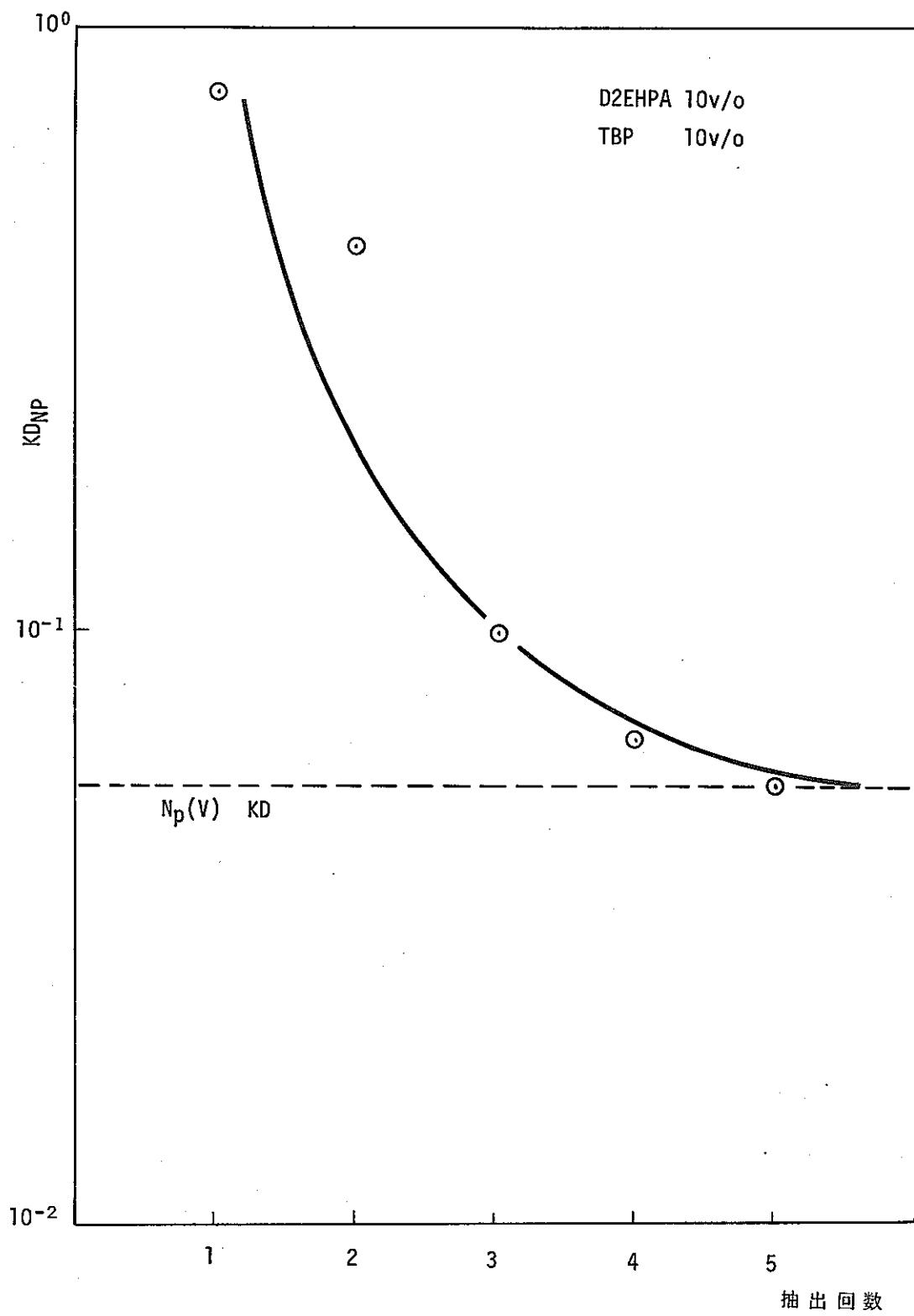
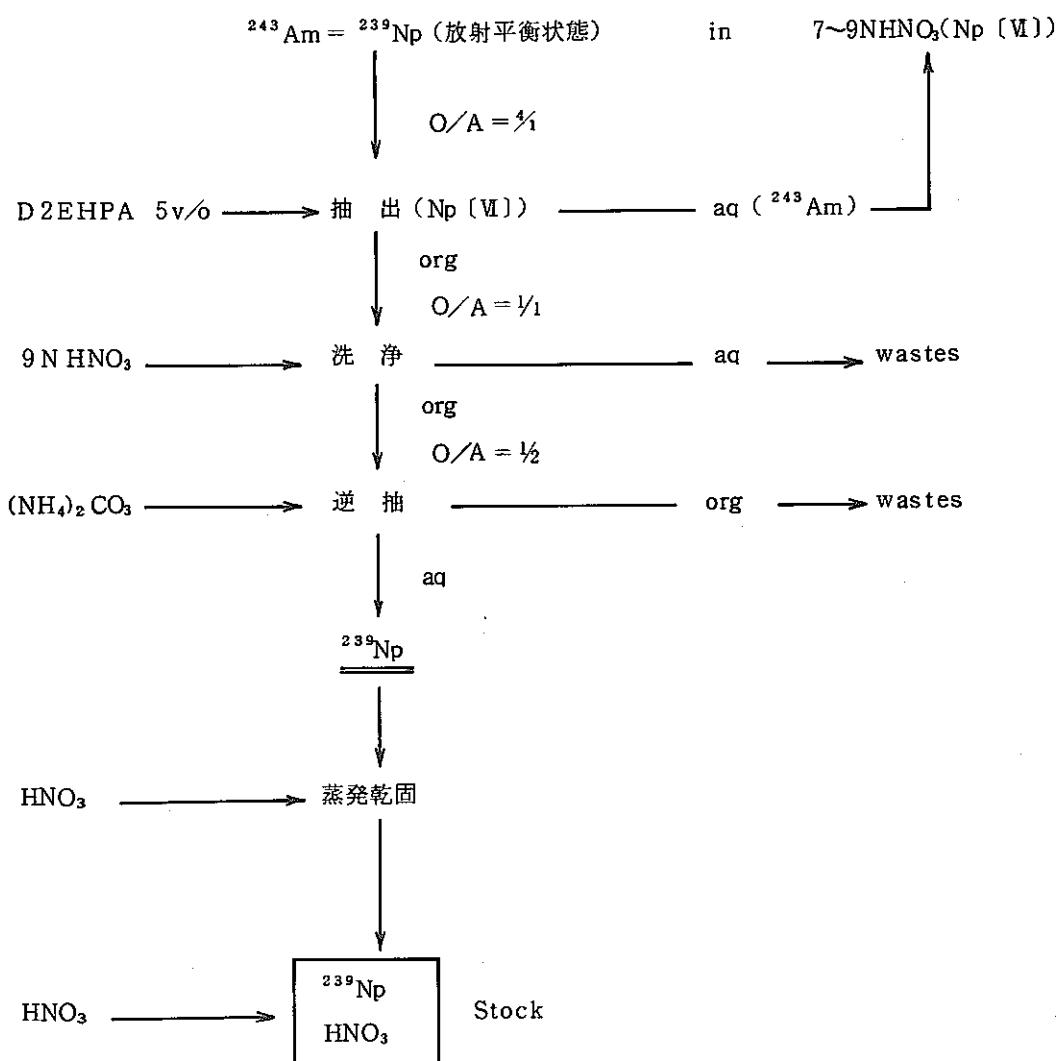
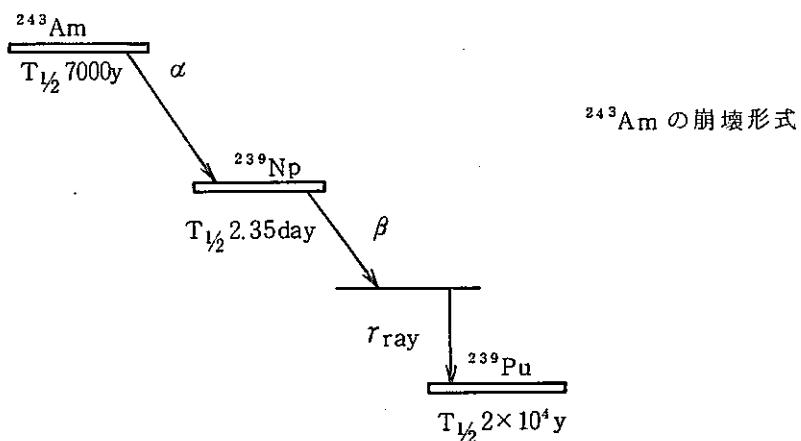
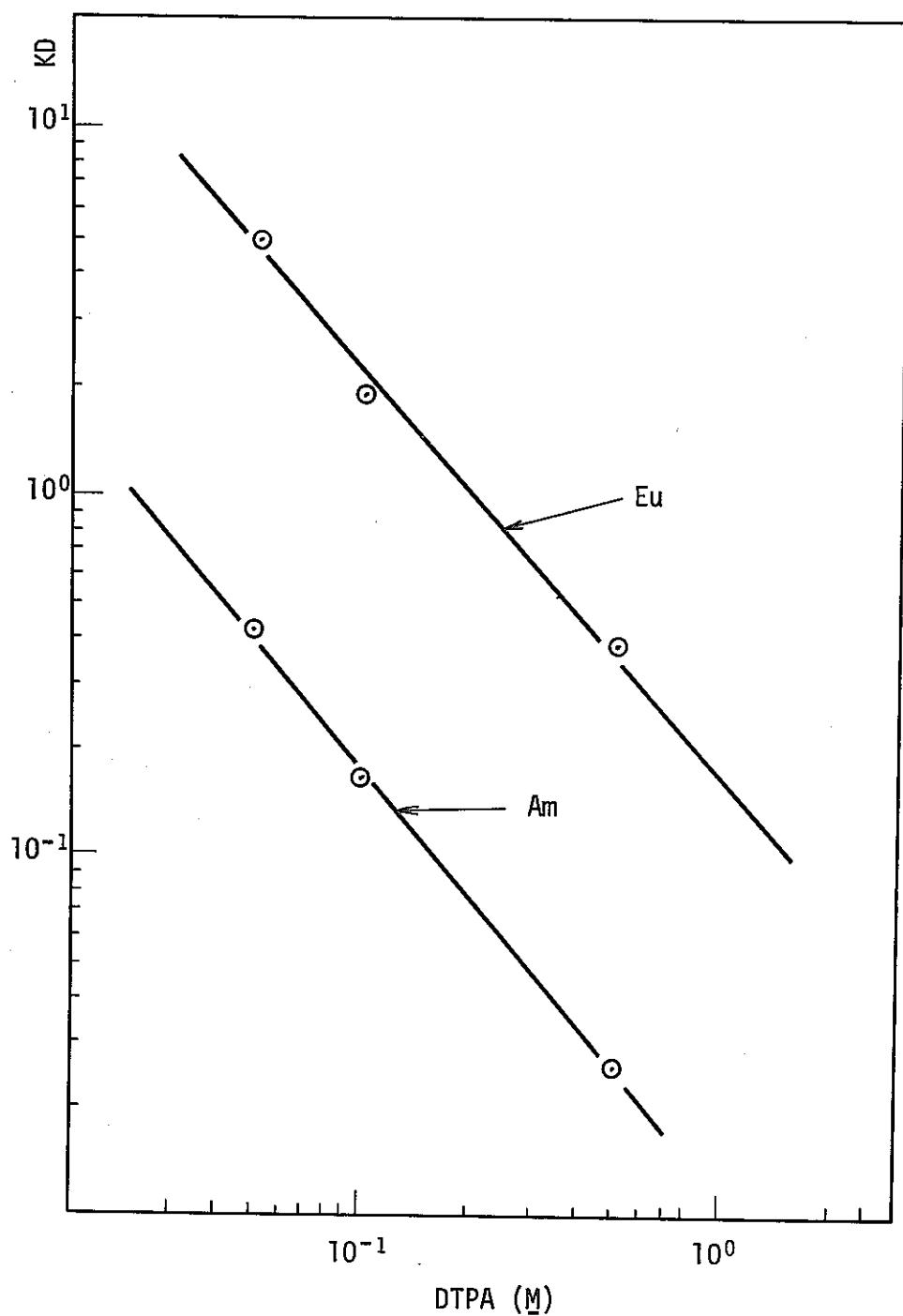
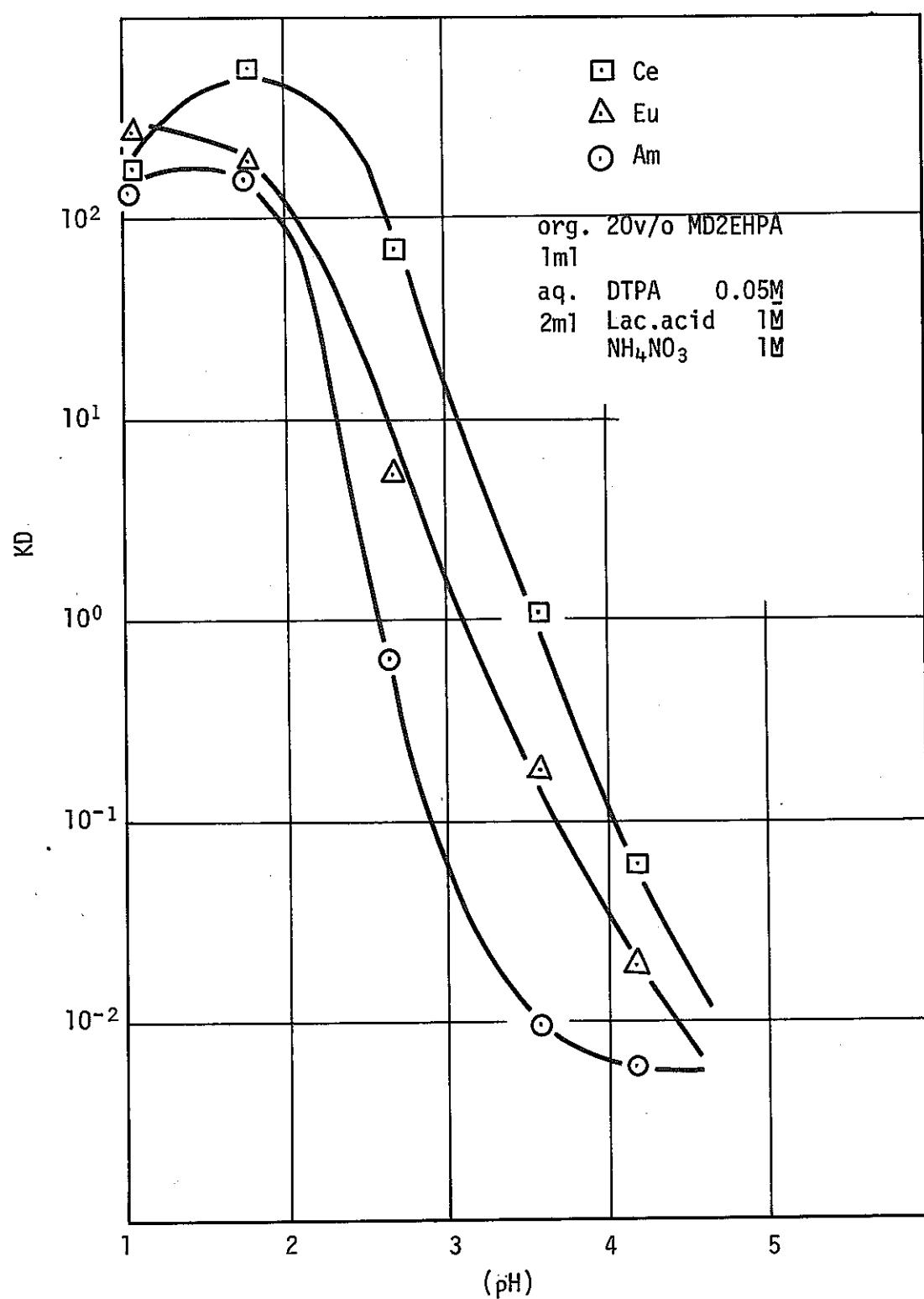


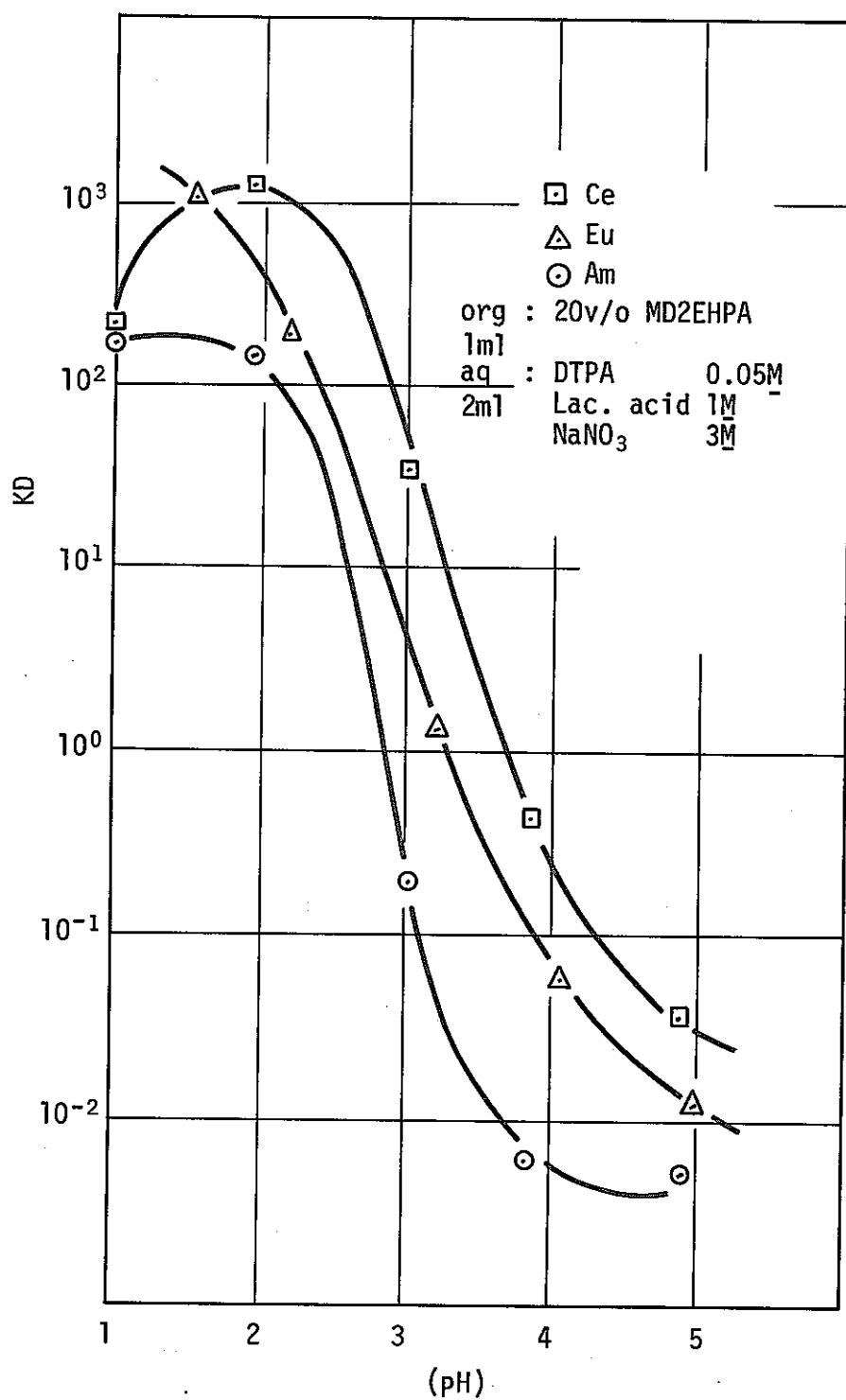
図-19 混合溶媒による Ce の抽出

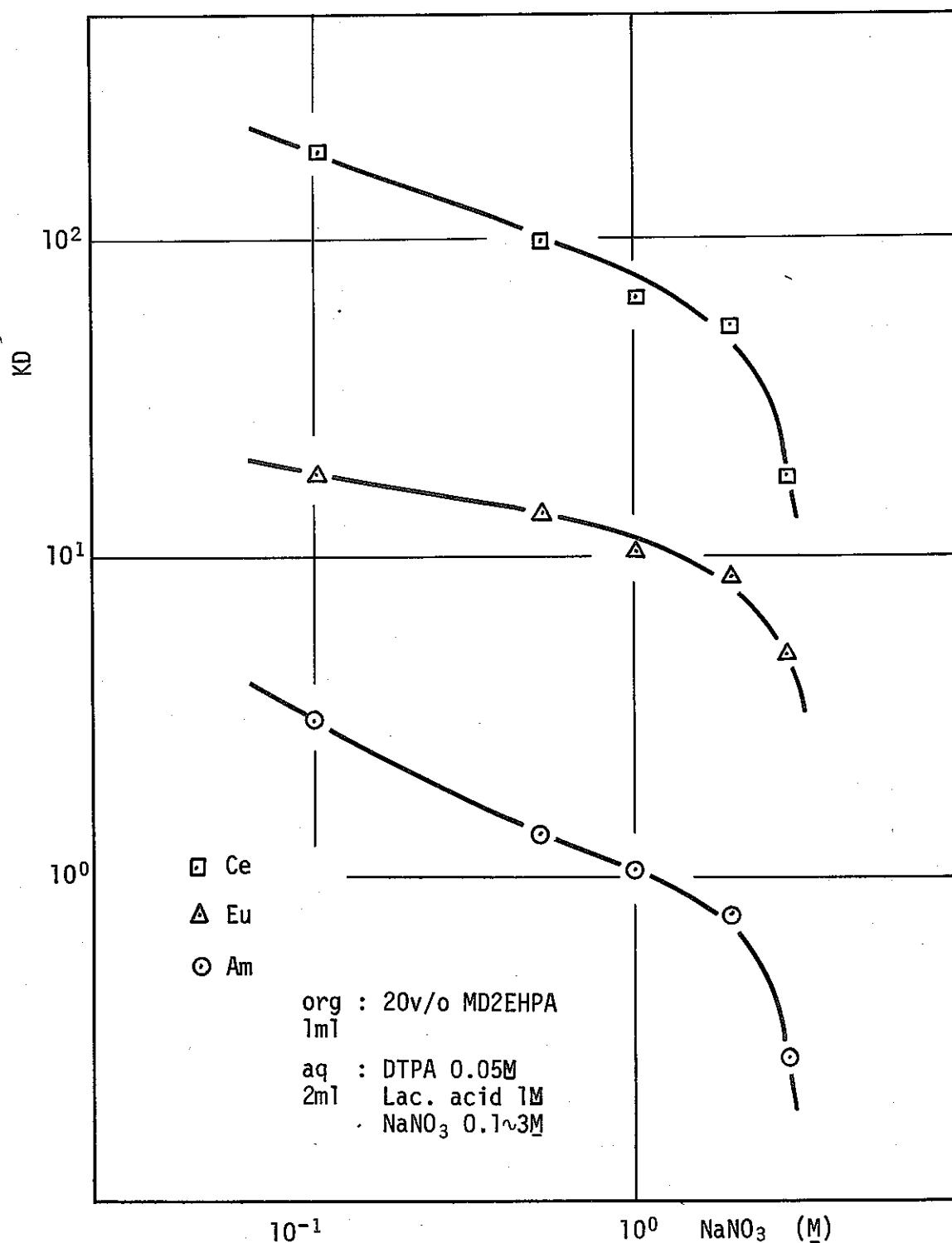
図-20 D2EHPA+TBPによる $N_p(V, W)$ 抽出実験

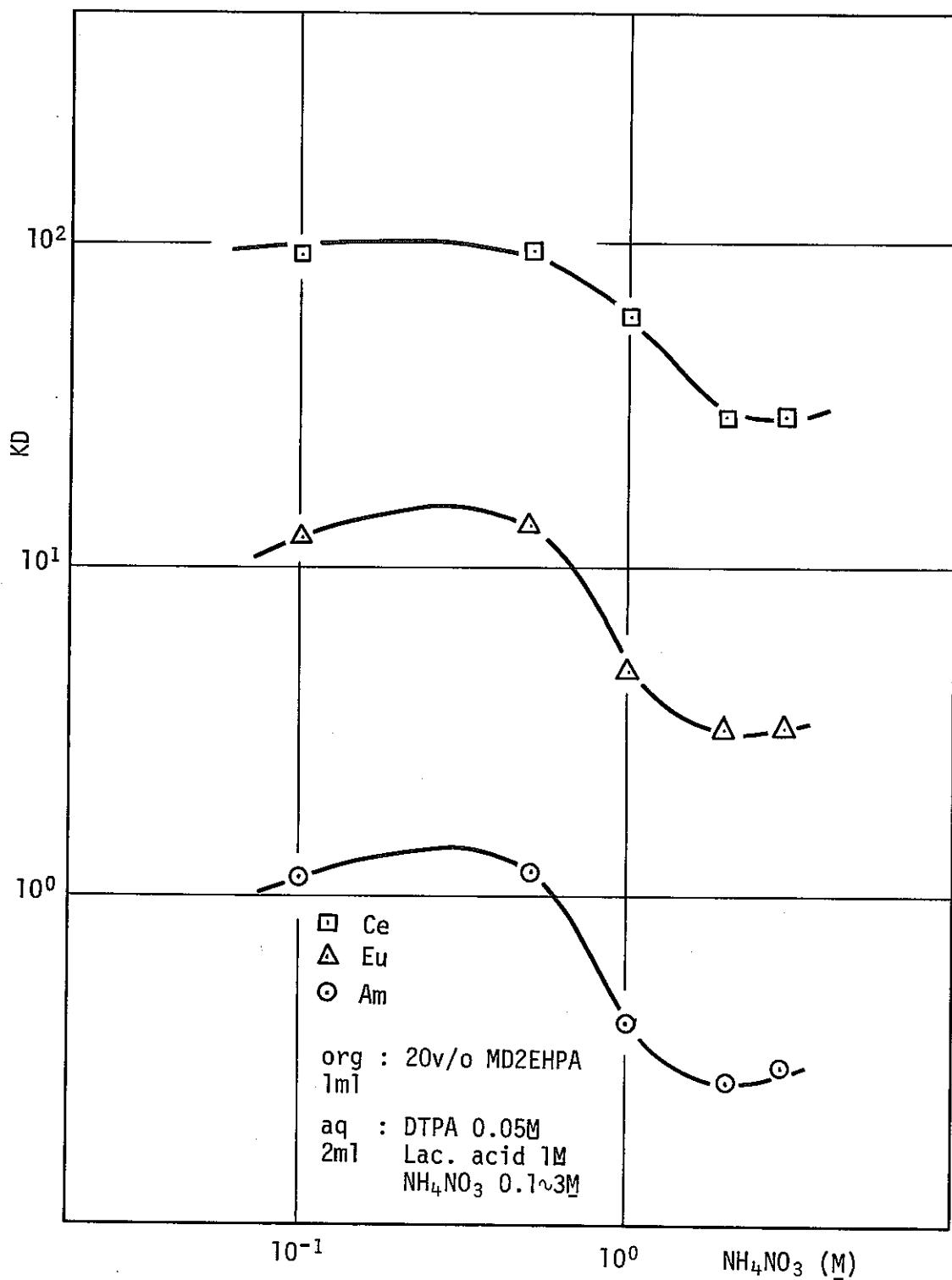
図-21 ^{243}Am から ^{239}Np のミルキング法 (D2EHPA法)

図-22 DTPA- NH_4NO_3 系によるAm, Euの抽出

図-23 DTPA - NH₄NO₃系によるAm, Ce, Euの抽出

図-24 DTPA-NaNO₃系によるAm, Ce, Euの抽出

図-25 DTPA-NaNO₃系によるAm, Ce, Euの抽出

図-26 DTPA - NH_4NO_3 系による Am, Ce, Eu の抽出

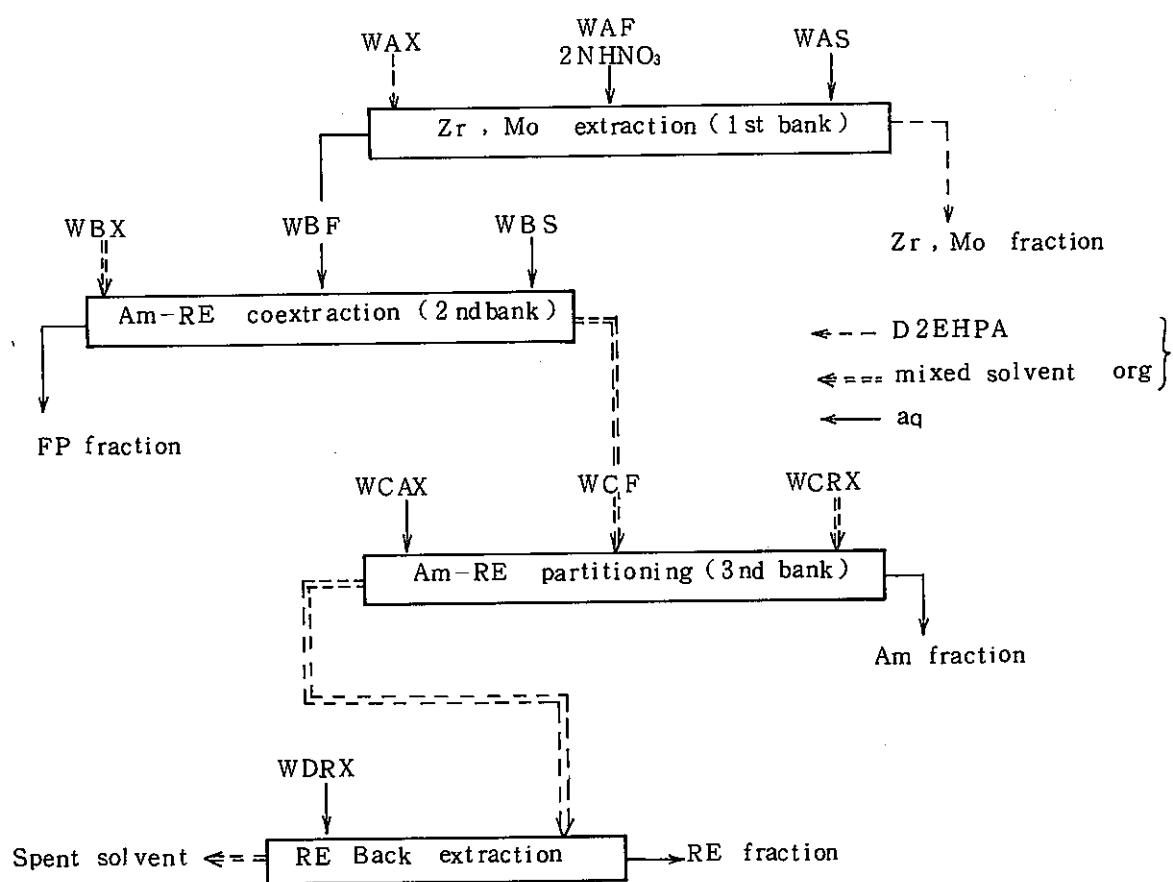


図-27 高レベル放射性廃液の群分離フローシート

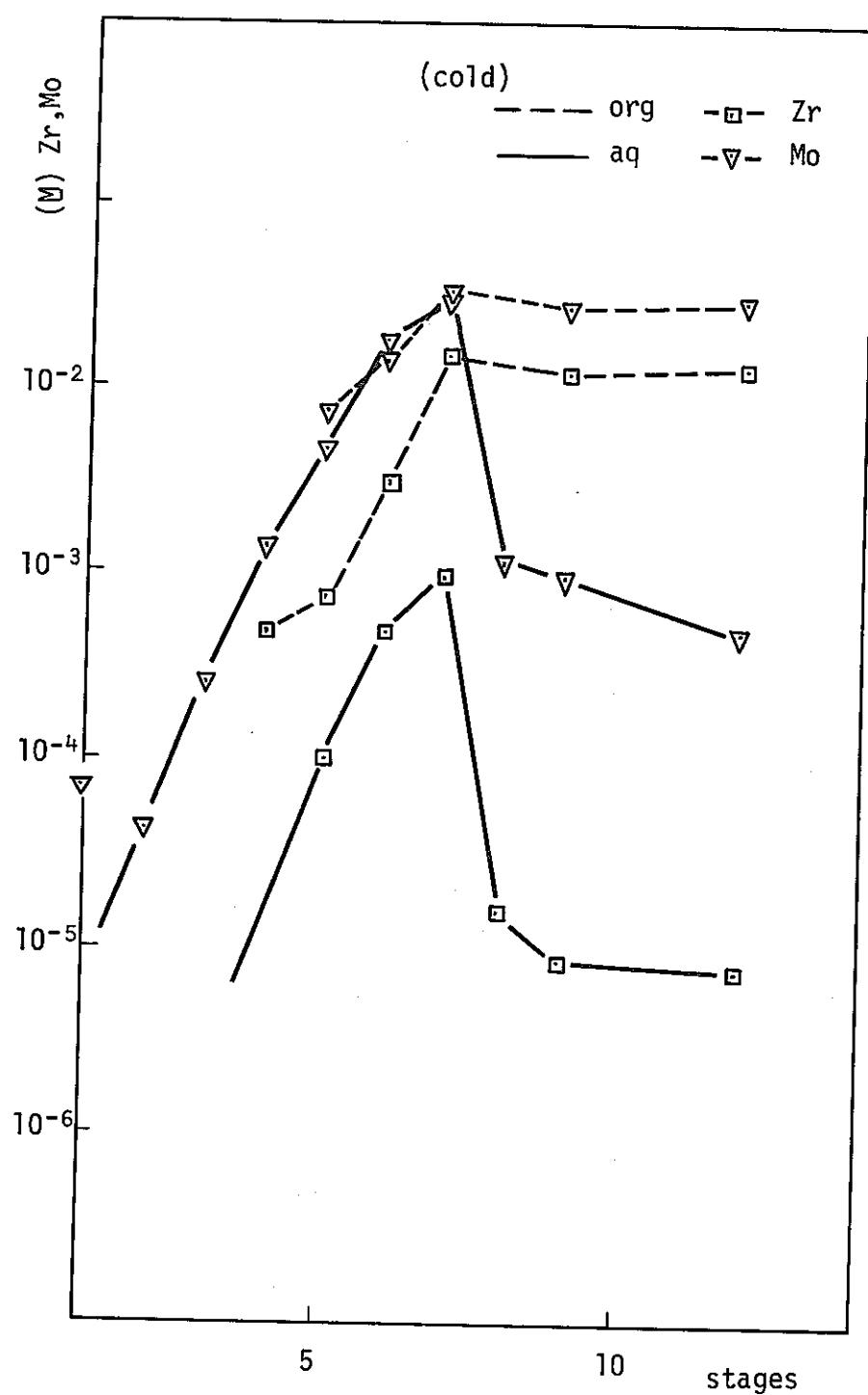


図-28 D2EHPAによるZr, Mo連続抽出試験

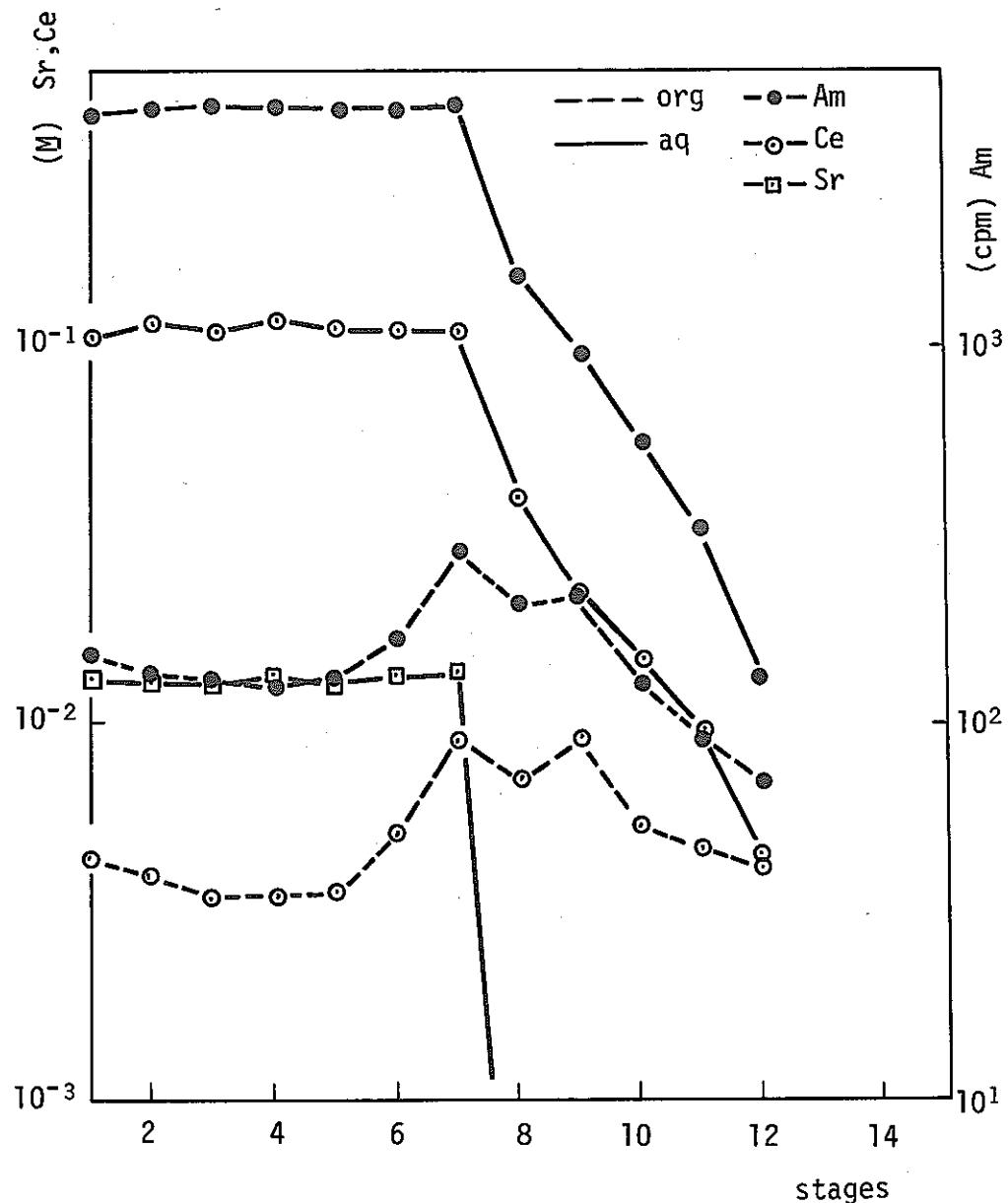


図-29 D2EHPAによるAm, Ce, Srの連続抽出器内での濃度プロファイル

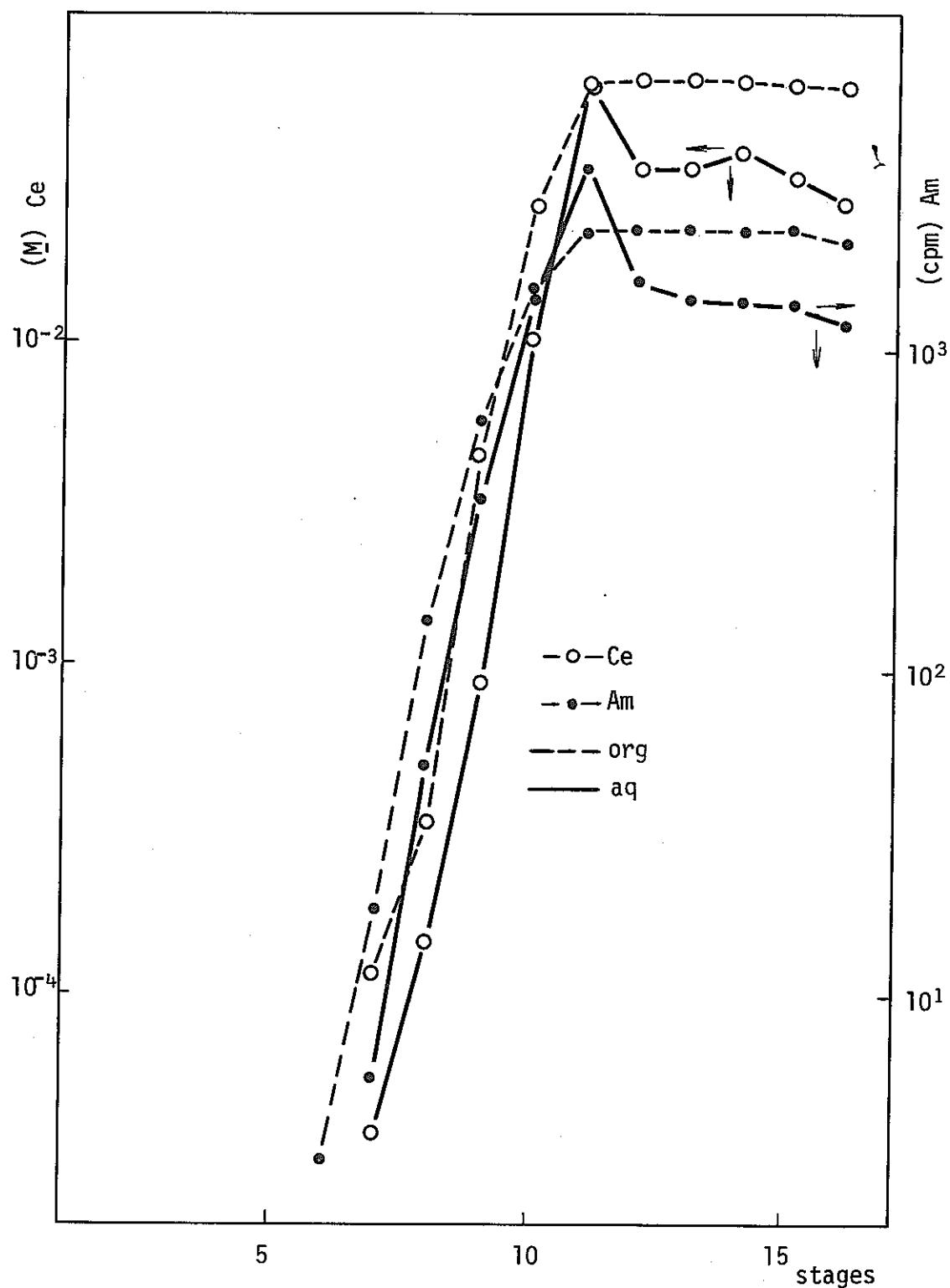


図-30 混合溶媒(20%)を用いたAm, Ceの連続抽出試験

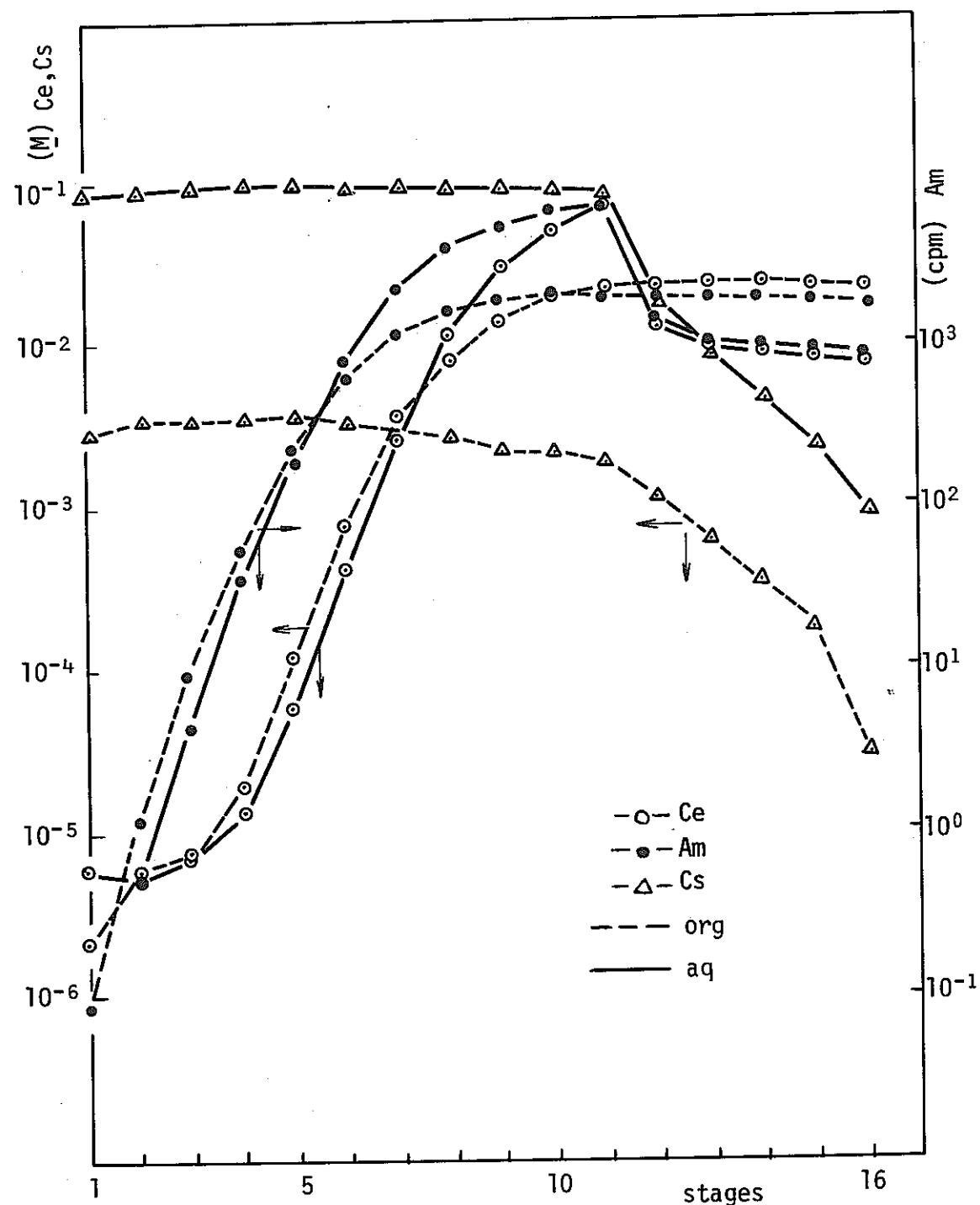


図-31 混合溶媒による Am, Ce, Cs の連続抽出試験

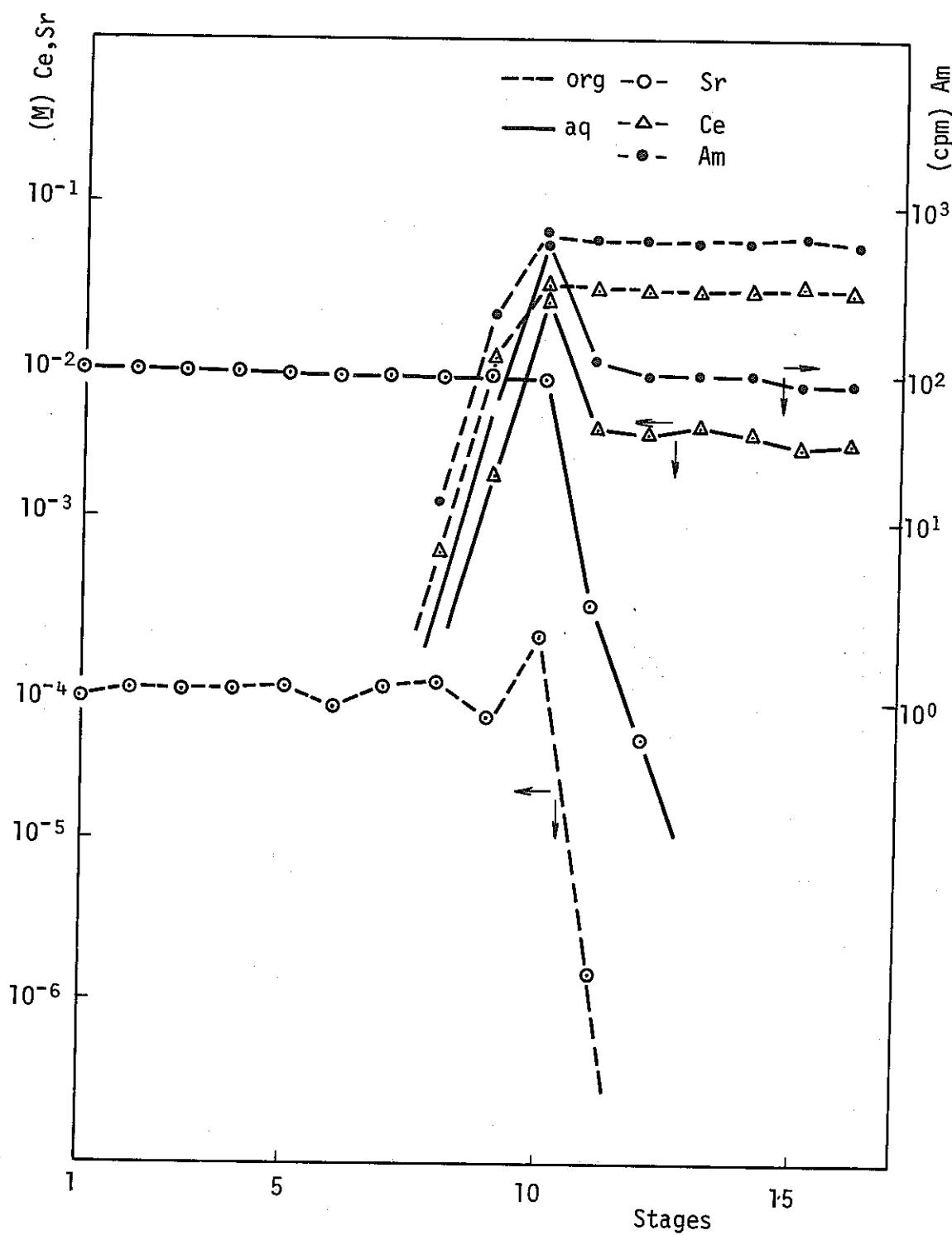


図-32 混合溶媒によるAm, Ce, Srの連続抽出試験

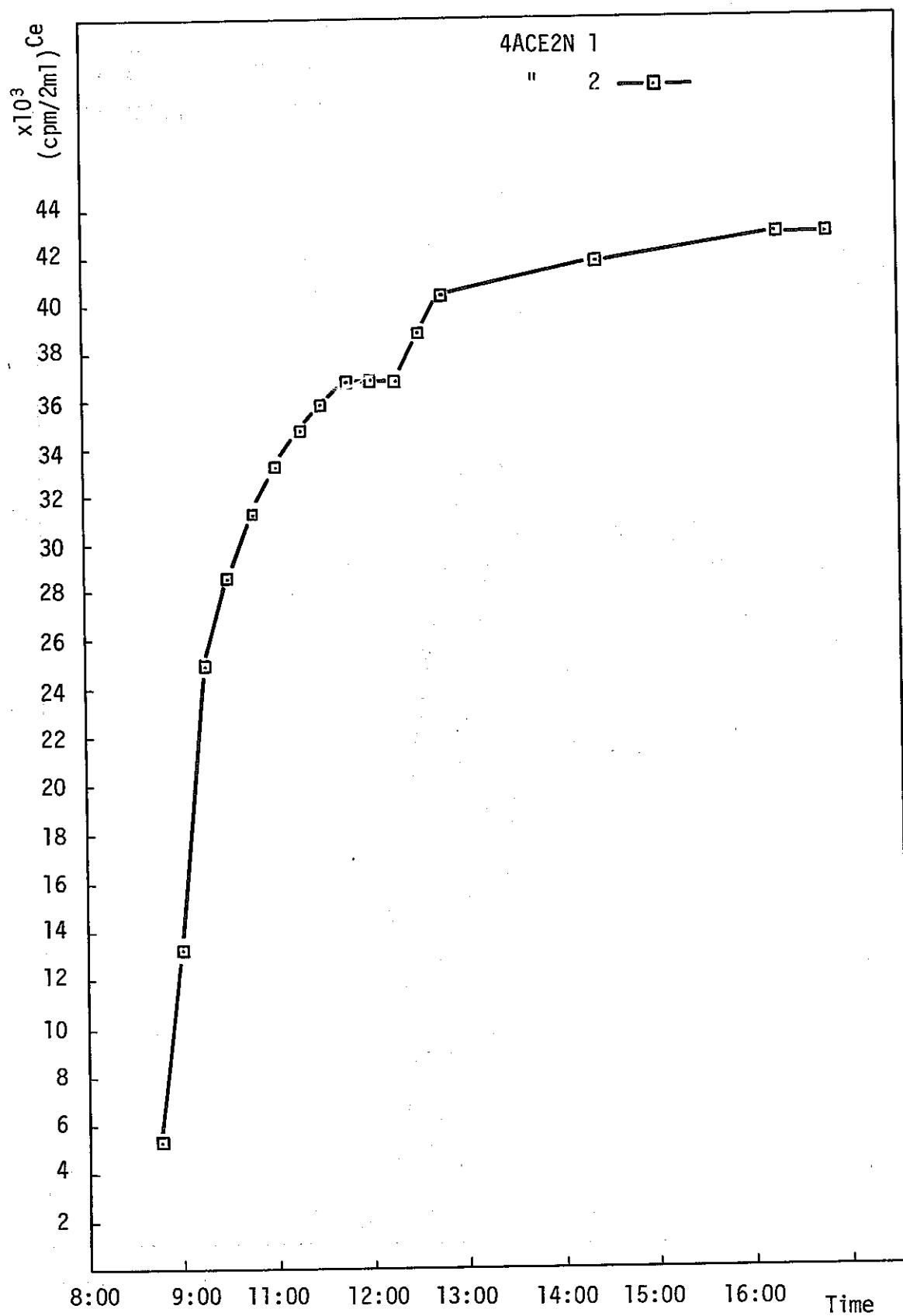


図-33 連続抽出試験の時間追せき

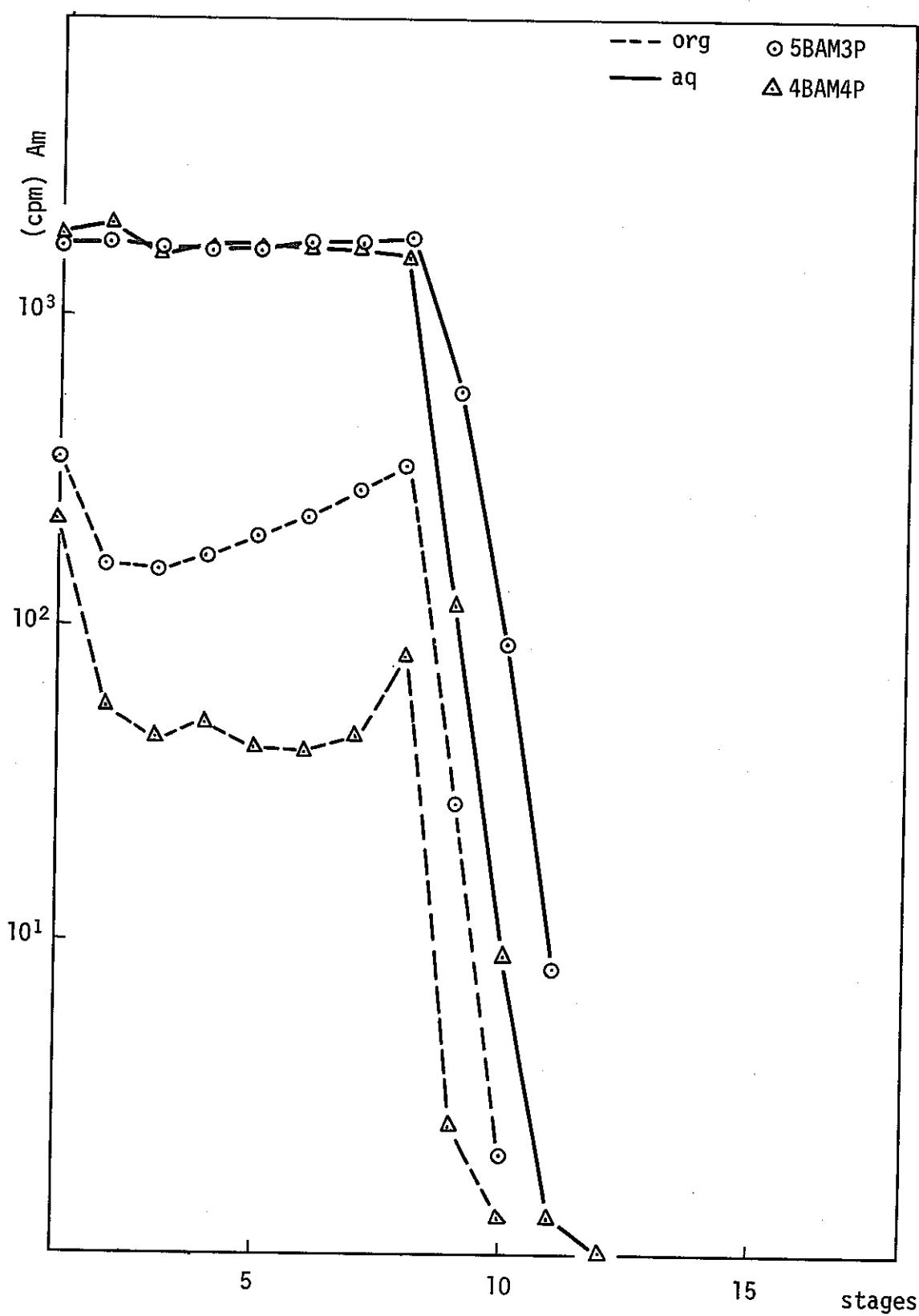


図-34 DTPAによるAm逆抽出試験

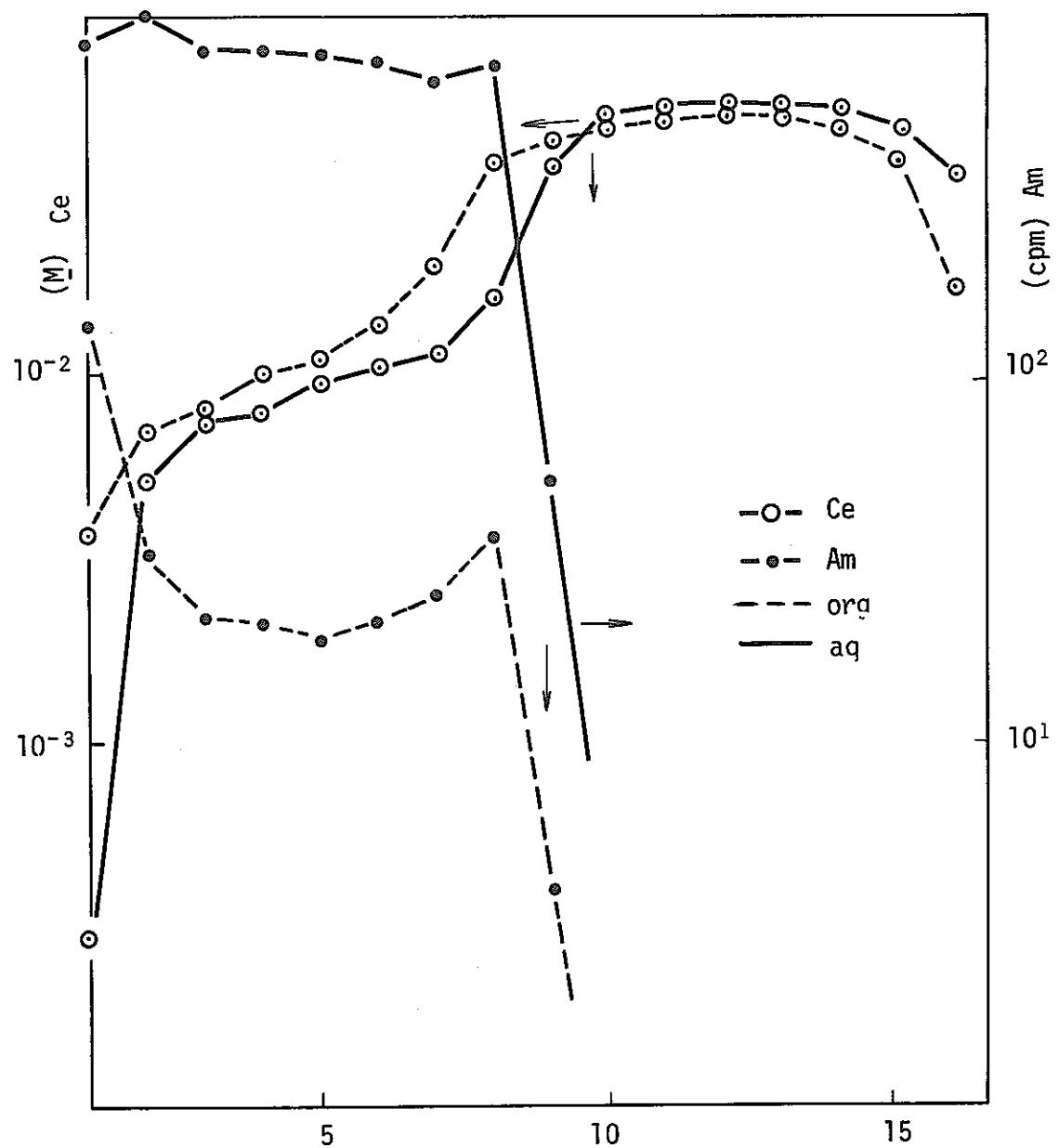


図-35 DTPAによるAm, Ceの逆抽出試験

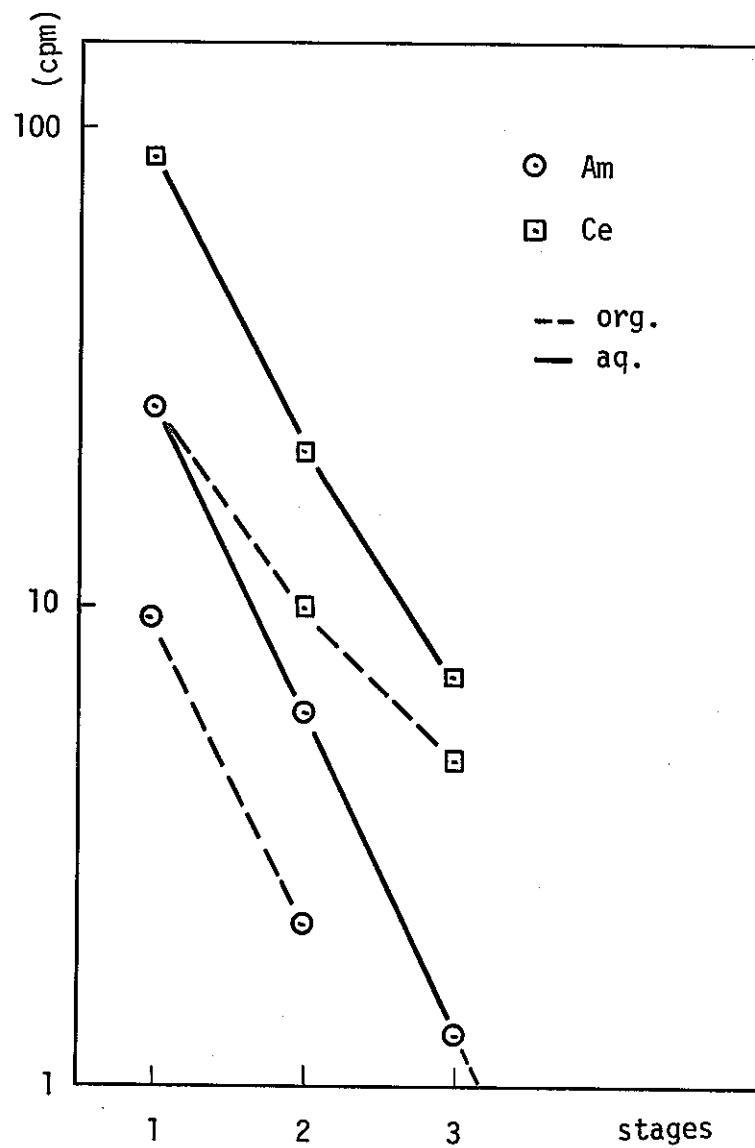


図-36 混合溶媒から Am, Ce の連続逆抽出試験
(6 N, HNO₃)