PNC TN8410 88-010

配布限定

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]

高速炉燃料再処理パルスカラム抽出試験装置(Ⅱ)試験
安定操作条件におけるパラメータ影響評価

1988年1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

だけに配

なお，こ

Ⓐ

配　布　限　定
PNC TN8410 88-010
1 9 8 8 年 1 月

登録区分
2001. 6. -6
変更表示

高速炉燃料再処理パルスカラム抽出試験装置(Ⅱ)試験
安定操作条件におけるパラメータ影響評価

実施責任者　林　正太郎*　岸本 洋一郎**
報 告 者　根本 慎一*　田中 睦男*
厳 渕 弘 樹*

要　　旨

本報告書は，パルスカラム抽出試験装置(Ⅱ)を用いて，実プラント運転で要求される安定操作条件を検討したものである。試験は，抽出及び洗浄カラムについて，各種運転パラメータを変化させて行ない，その影響について調べた。

(1) 抽出カラムに関しては，パルス条件を変化させても濃度プロフィルに影響を与えないことがわかった。

(2) 線速度の影響については，抽出カラムの線速度を１５～２３m／hまで増加させた結果，ＨＥＴＳとして約６０cmを得，カラムのフラッディングポイントに対し，運転可能な領域として３０～６０％程度の幅広い範囲を有する事が確認できた。

(3) ポンプ故障等の流量変動によりウラン濃度が上昇する外乱に対しては，抽出カラムにおいて有効抽出部として使われないカラム長さが増大し，完全に肩を持った濃度プロフィールとなる事がわかった。その為，パルスカラム運転の際には洗浄塔のプロダクト濃度及び洗浄カラムボトム中のウラン濃度を監視し，最適な安定操作条件を確保する事が重要である。

*　技術開発部　機器材料開発室
**　技術開発部　プラント設計開発室

目　　次

1. 概　　要 …… 1
2. 試験装置 …… 2
3. 試　　験 …… 6
3.1 試　　験 …… 6
3.2 試験条件及び試験方法 …… 6
3.3 試薬調整 …… 10
3.4 運転方法 …… 12
3.5 サンプリング …… 12
3.6 分 析 法 …… 13
4. 試験結果 …… 15
4.1 安定操作条件 …… 15
4.2 線速の影響 …… 18
4.3 パルス条件の影響 …… 26
4.4 処理能力の把握 …… 31
4.5 外乱の影響 …… 31
4.6 連続相の選定 …… 43
5. 考察及び結論 …… 49
6. 参考資料 …… 50
資 料 A 試験条件 …… 50
資 料 B ウラン物質収支 …… 56
資 料 C カラム内濃度プロフィール …… 71
資 料 D 体積分率 …… 98
資 料 E 分析一覧表 …… 115

1. 概　　要

高速炉燃料リサイクル試験施設の主分離工程で用いるパルスカラム抽出器は，大型セル内のラックに組込まれるため，その塔高を可能な限り低減することが必要であり，また処理能力増強時には設備の交換が不要である事が望ましい。

そのため，今までパルスカラム抽出試験装置(II)を用いて，現有パルスカラム試験装置の処理能力裕度を確認するためのウラン試験を行いながら，実プラントで採用すべきパルスカラムの安定操作条件についての検討を行ってきた。

本報告書は，その最適運転操作条件下での抽出カラム内の線速度，抽出及び洗浄カラムのパルス条件等のパラメーターについての影響評価についてまとめたものである。

2. 試 験 装 置

パルスカラム抽出試験装置(II)の概略系統図を図1に，各パルスカラムの主な仕様を表1に，また主要部の長さと分析サンプル抜取孔の位置を図2に示す(注)。

抽出カラムへの給液（ウラン原液，30%TBP／n－ドデカン液及び洗浄廃液）は全てエアリフトを使用した。また，抽出カラムと洗浄カラム及び洗浄カラムと逆抽出カラム間の有機相は，重力流方式で送液し，スクラブ液（3N硝酸）とストリップ液（0.02N硝酸）は機械式の定量ポンプで給液した。

各カラムのパルシングは，それぞれ独立した圧空式パルサーにより行っている。

(注) 本装置の当初の設計条件は，7kg／h＝168kg／dayである。

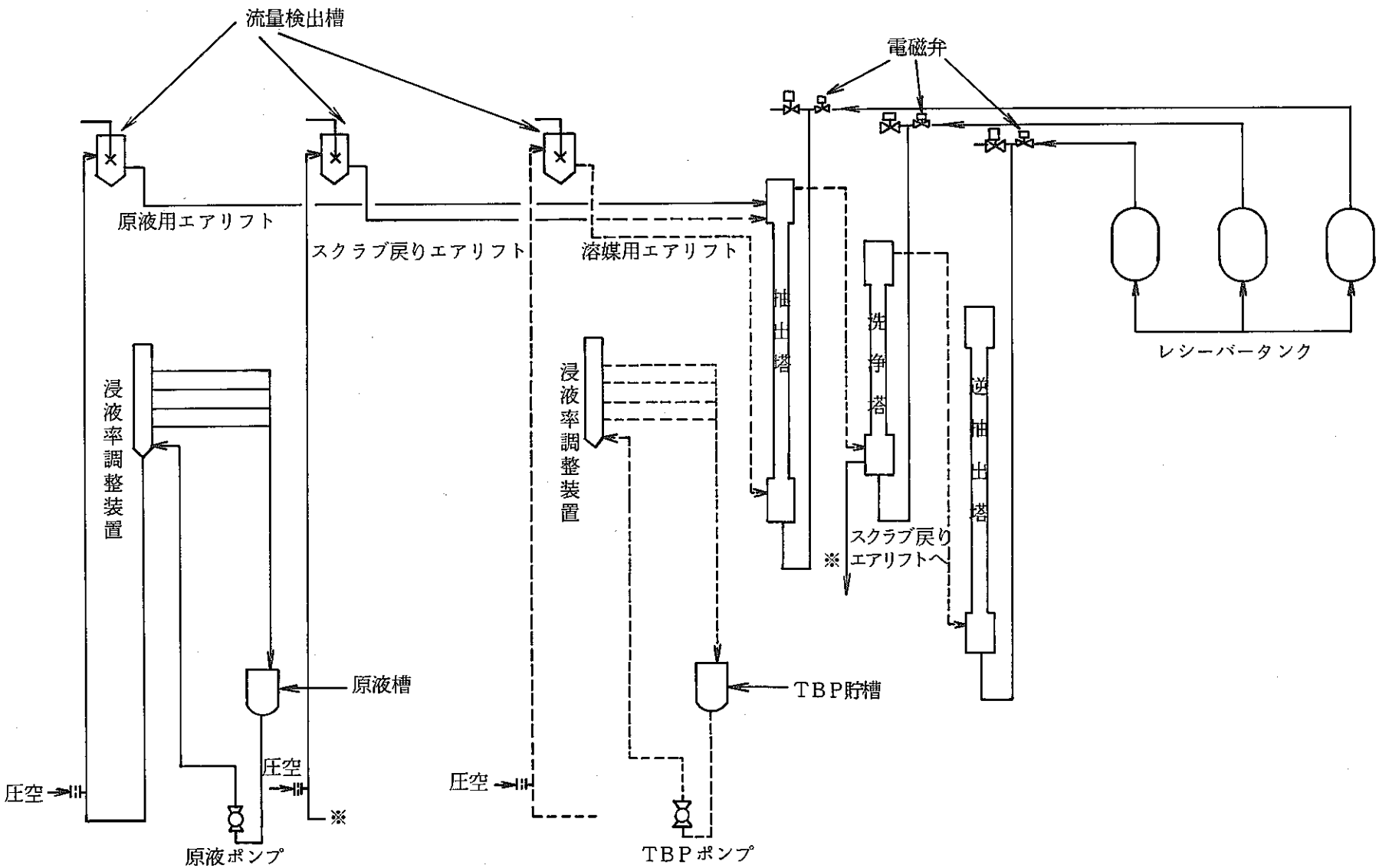


図1　パルスカラム抽出試験装置(II)概略図

表1　パルスカラム抽出試験装置(II)概略仕様

装置＼カラム				抽出	洗浄	逆抽出
本体	有効抽出部	長さ	cm	830	500	700
		径	cm	100A SCH10S	80A SCH40S	100A SCH10S
	目皿（シーブプレート）	開孔率	%	23	23	23
		孔径	mm	3	3	3
		厚さ	mm	2	2	2
		段数	段	166	100	135
		材質	—	SUS304	SUS304	SUS304
	セトラ部	長さ	cm	40	40	40
		径	cm	200A SCH10S	200A SCH10S	200A SCH10S
周辺機器	エアーパルサー	電磁弁	—	3方弁	3方弁	3方弁
	エアーリフト			原液用	SC廃液用	溶媒用
		揚程	m	14.63	14.63	14.94
		揚液管内径	cm	1.49	0.81	1.49

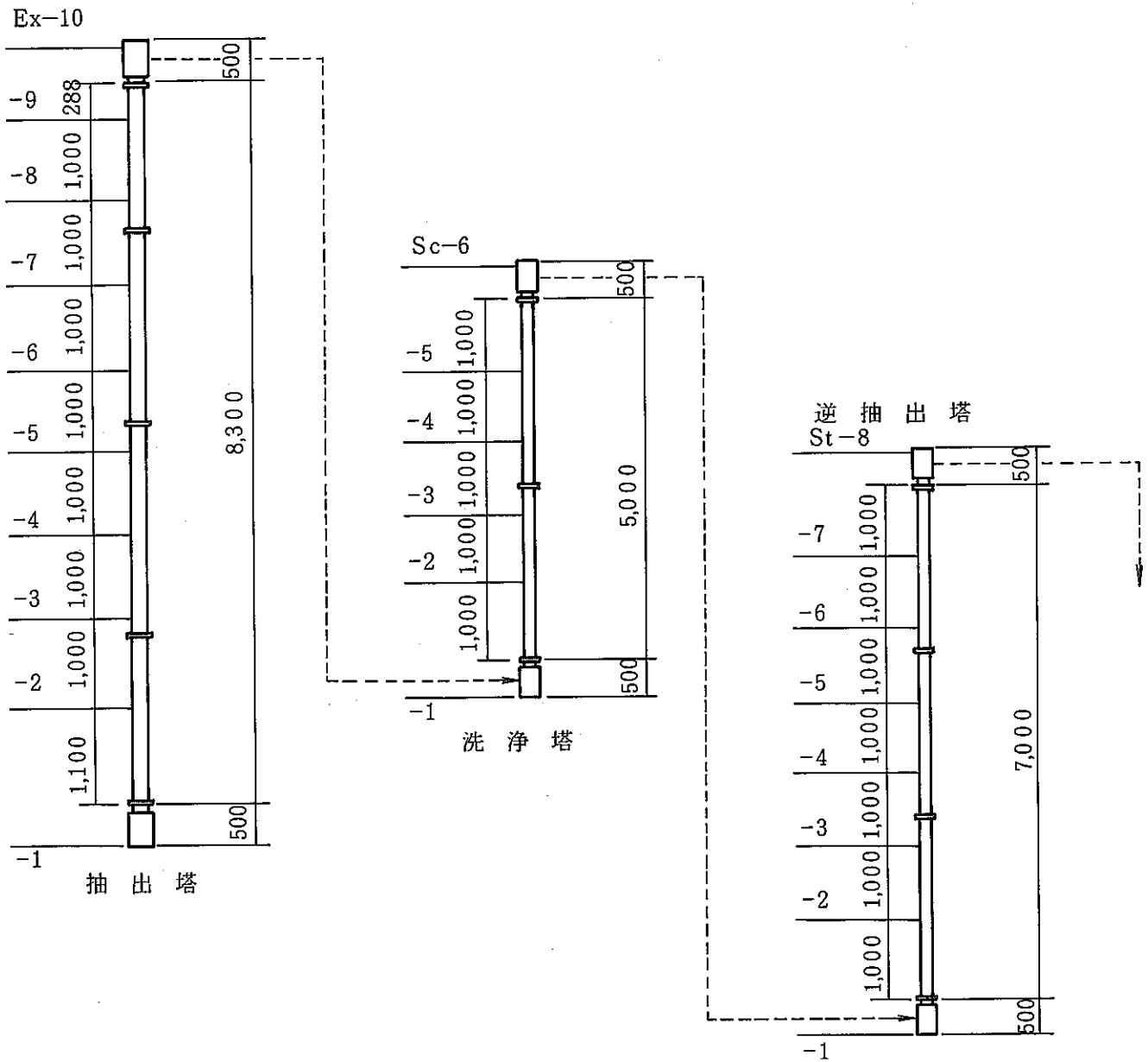


図2　サンプリングノズル取り付け位置

3. 試　　験

3.1 試　　験

$HNO_3-UO_2(NO_3)_2-30\%TBP/n$-ドデカン液を用いて以下のパラメータ影響評価試験を行った。運転実績を表2に示す。

(1) 線速の影響

(2) 抽出塔パルス条件の影響

(3) 洗浄塔パルス条件の影響

(4) 外乱の影響

(5) 連続相の選定

表2　運転実績

			Run No.	日　付	運転時間
1	線速の影響		UR－1	昭和59年　9月11日	8 hr
			UR－4	昭和59年10月　9日	8 hr
			DZ84－4	昭和59年12月　6日	12 hr
			DZ85－3CII	昭和60年　2月21日	8 hr
			CA－6	昭和60年12月12日	8 hr
			CA－7	昭和60年12月19日	7.5 hr
2	パルス条件の影響	抽出塔	SU86－1A	昭和61年　7月10日	3 hr
			SU86－1B	昭和61年　7月10日	3 hr
		洗浄塔	SU86－2	昭和61年　8月20日	3 hr
			SU86－3	昭和61年10月　9日	4 hr
			SU86－4	昭和61年10月16日	4 hr
3.	外乱の影響		SU86－9	昭和62年　2月　4日	5 hr
4.	連続相の選定		SU86－10	昭和62年　2月16日	4 hr
			SU86－12	昭和62年　3月　3日	4.5 hr

3.2 試験条件及び試験方法

パラメータ影響評価試験の試験フロー及び試験条件を各々図3及び表3～4に示す。

抽出カラムへの給液（原液，30%TBP液及び洗浄廃液戻り）には，全てエアリフトを使用した。また，抽出カラムから洗浄カラム，及び洗浄カラムから逆抽出カラムへの有機相の移送は，重力流方式で行い，その他の給液は定量ポンプを使用して行った。またストリップ液（0.02N硝酸）は，給液槽で60℃まで加温されて給液され，さらに逆抽出カラム下部（約4m）も加温されているため，カラム内の液温は，約50～55℃に保たれている。

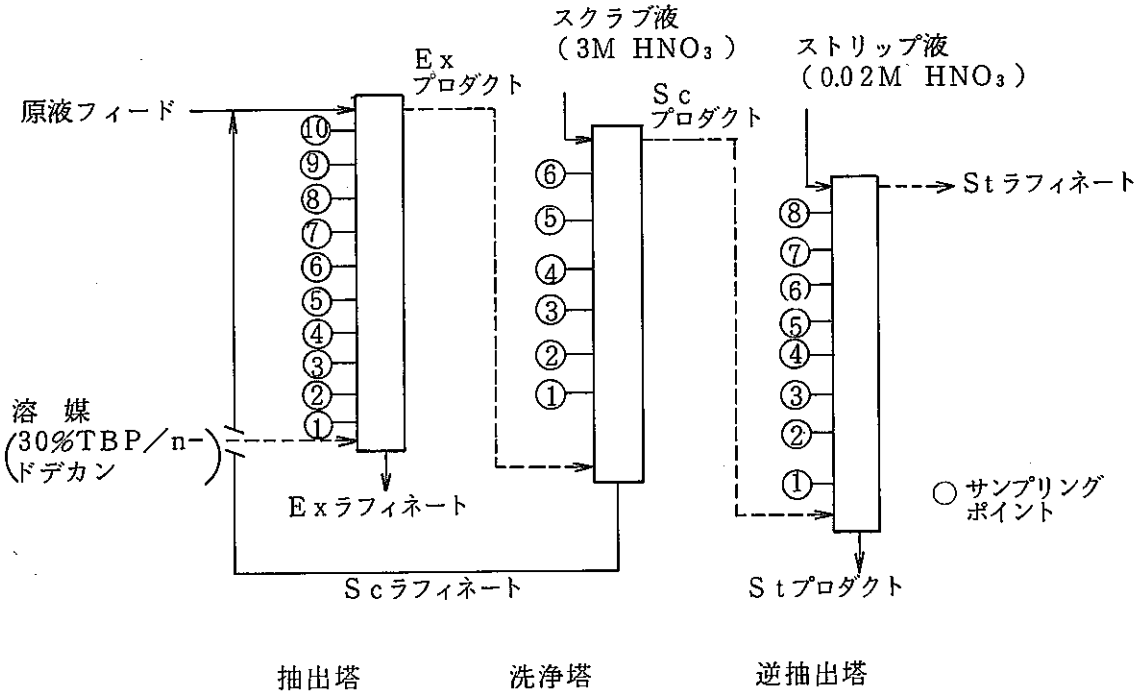


図3 試験装置の概略及びフロー

表3　実験条件

Test Title	Run No.	Ex Column						Sc Column				St Column			
		U Conc.	H^+	A	O	A/O	a×f	H^+	A	A/O	a×f	H^+	A	A/O	a×f
		g/ℓ	mol/ℓ	ℓ/hr	ℓ/hr		mm×cpm	mol/ℓ	ℓ/hr		mm×cpm	mol/ℓ	ℓ/hr		mm×cpm
線速の影響	UR−1	197	3.02	30	72	0.58	20×40	3.02	12	0.17	20×40	0.02	96	1.33	20×40
	UR−4	206.5	2.98	23	55	0.54	20×40	2.98	6.8	0.12	20×30	0.02	105	1.91	20×60
	DZ84−4	201.6	3.01	28.9	64.5	0.62	20×40	3.01	11.2	0.17	20×40	0.02	97.6	1.51	20×40
	DZ85−3CII	200.2	3.0	21.5	53.2	0.69	20×60	3.0	15.3	0.29	15×40	0.02	102.1	1.92	20×60
	CA−6	223	3.0	41.6	103.4	0.62	20×40	3.0	22.4	0.22	20×30	0.02	141.7	1.37	20×60
	CA−7	219	3.0	37.8	104.6	0.70	20×40	3.0	34.9	0.33	20×30	0.02	143.3	1.37	20×60

表4　実験条件

Test Title	Run №	Ex Column						Sc Column				St Column			
		U Conc.	H^+	A	O	A/O	a×f	H^+	A	A/O	a×f	H^+	A	A/O	a×f
		g/ℓ	mol/ℓ	ℓ/hr	ℓ/hr		mm×cpm	mol/ℓ	ℓ/hr		mm×cpm	mol/ℓ	ℓ/hr		mm×cpm
抽出塔パルス条件の影響	SU86−1A	212	3.0	46.3	125.1	0.63	20×40	3.0	33.1	0.26	20×30	0.02	155.1	1.23	20×60
	SU86−1B	212	3.0	46.3	125.1	0.63	20×60	3.0	33.1	0.26	20×30	0.02	155.1	1.23	20×60
洗浄塔パルス条件の影響	SU86−2	212	3.0	41.2	119.0	0.64	20×30	3.0	34.8	0.29	20×30	0.02	183.2	1.54	20×60
	SU86−3	212	3.0	41.2	118	0.65	20×40	3.0	35.5	0.3	20×40	0.02	159.1	1.35	20×60
	SU86−4	212	3.0	41.2	119	0.63	20×40	3.0	33.8	0.28	20×60	0.02	157.9	1.33	20×60
連続相の選定	SU86−10	212	3.0	41.2	102.8	0.7	20×40	3.0	30.9	0.3	20×30	0.02	134.9	1.31	20×60
	SU86−12	220	3.0	45	102.8	0.75	20×40	3.0	30.1	0.29	20×30	0.02	139.4	1.36	20×60
外乱の影響	SU86−9	262	3.0	21.2	49.5	0.79	20×40	3.0	17.8	0.36	20×30	0.02	81.8	1.65	20×60

3.3 試薬調整

本試験で使用した給液のうち，ウラン原液，30%TBP／n−ドデカン液の調整方法について述べる。

(1) ウラン原液

ウラン原液は，前試験で得た，逆抽出プロダクト液を蒸発濃縮して，調整可能なウラン濃度及び酸濃度にした後，目的とする濃度・容量に対して硝酸及び純水の必要量を加えリサイクル使用する。

(2) 30%TBP／n−ドデカン液

30%TBP／n−ドデカン液は，前試験で得た逆抽出ラフィネート（廃溶媒）を①0.02N硝酸による逆抽出と②5%炭酸ナトリウム水溶液によるアルカリ洗浄という2種の溶媒再生を行って，リサイクル使用している。

逆抽出操作は，容量比で水相／有機相≒1／10とし，溶媒のウラン濃度を約10mg／ℓ以下まで落とす。又，アルカリ洗浄操作は，容量比で水相／有機相≒1／20とし，溶媒のウラン濃度を約1mg／ℓ以下まで落とす。

さらに約0.5N硝酸により酸平衡を行った後，次回の試験で使用する。図4に応用試験棟における溶媒洗浄手順を示す。

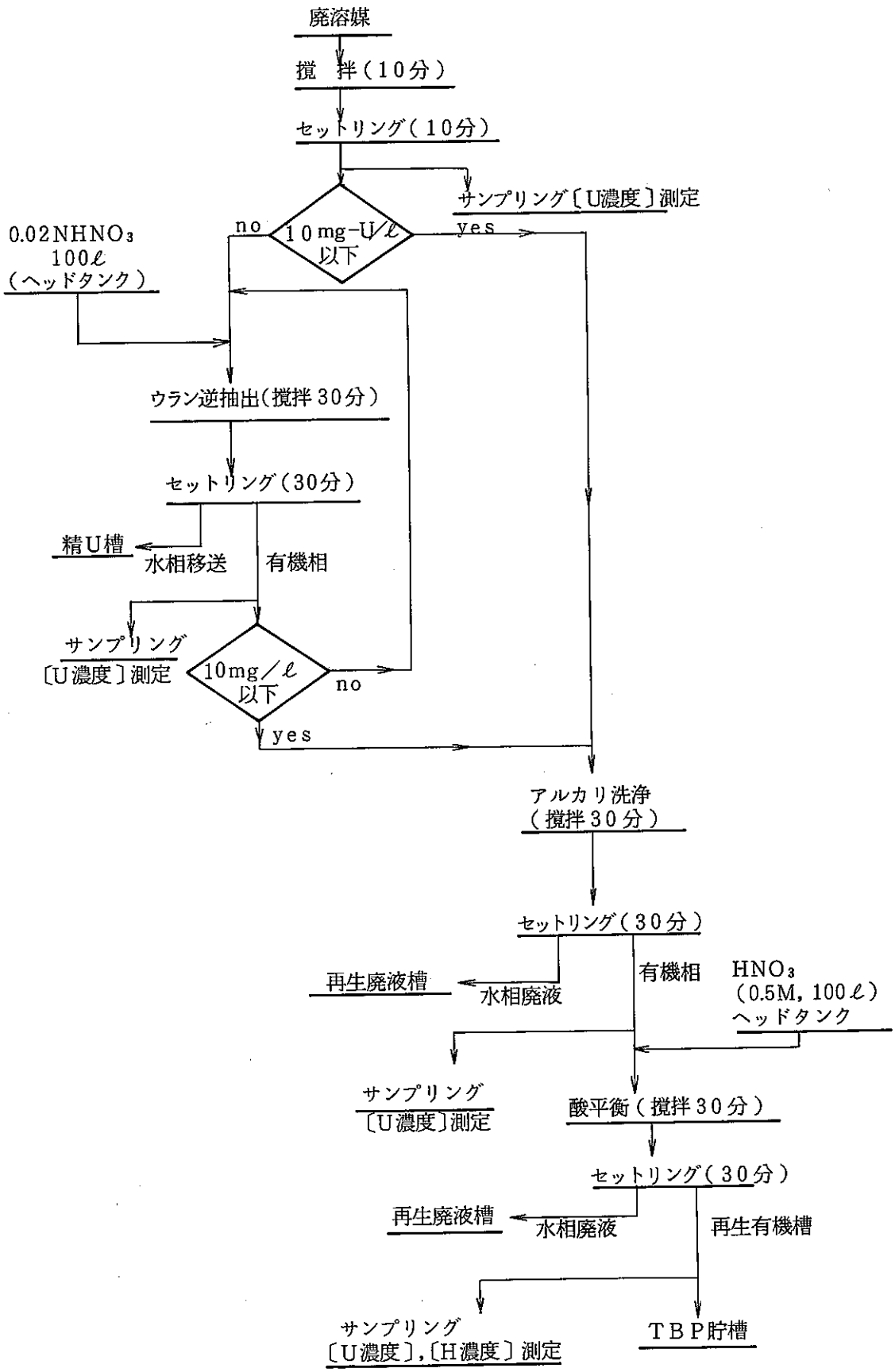

廃溶媒
撹　拌（10分）
セットリング（10分）
サンプリング〔U濃度〕測定
no
10mg-U/ℓ
以下
yes
0.02NHNO3
100ℓ
（ヘッドタンク）
ウラン逆抽出（撹拌30分）
セットリング（30分）
精U槽
水相移送
有機相
サンプリング
〔U濃度〕測定
10mg/ℓ
以下
no
yes
アルカリ洗浄
（撹拌30分）
セットリング（30分）
再生廃液槽
水相廃液
有機相
HNO3
（0.5M，100ℓ）
ヘッドタンク
サンプリング
〔U濃度〕測定
酸平衡（撹拌30分）
セットリング（30分）
再生廃液槽
水相廃液
再生有機槽
サンプリング
〔U濃度〕,〔H濃度〕測定
TBP貯槽

図4　溶媒洗浄手順

3.4 運転方法

パラメータ影響評価試験における運転手順を以下に示す。

試験は室温で行い，逆抽出カラムについては，カラム内を約５０～５５℃に加温している。

(1) 各カラムに連続相を張り，所定のパルスを印加する。

(2) 各カラムへの給液を開始する。

(3) 原液供給開始時を試験開始とし，所定時間毎にサンプリング，流量，液温度のチェック及びカラムのサイトガラスよりカラム内分散状態の観察等を行う。

(4) 最終サンプリング後，原液，洗浄液，洗浄廃液の供給を停止する。分散相が無くなった時点で抽出，洗浄カラムのパルサーを停止する。

(5) 溶媒のみ引き続き２時間程供給し，抽出カラム内の溶媒を置換する。

(6) 抽出カラム上部から出る含ウラン溶媒は，洗浄カラムを通さず，直接逆抽出カラムに送り，ストリップ液により溶媒中のウランを逆抽出させる。

(7) 約２時間経過後溶媒の供給を停止し，抽出カラムは，置換溶媒を張り込んだ状態にしておく。

(8) 洗浄カラムへ，スクラブ液（または純水）を供給し，洗浄カラム上部セトラー内の残溶媒を逆抽出カラムへオーバーフローさせる。

(9) 逆抽出カラム内に分散相が無くなった時点で逆抽出カラムのパルサーを停止する。逆抽出カラム上部セトラー内の残溶媒を完全に追い出し後，ストリップ液の供給を停止する。

(10) 洗浄，逆抽出カラム内の水相を精ウラン槽に落とした後，純水を約２０分，両カラム内に供給してクリーニングを行う。

(11) 次の試験は再び(1)～(11)を繰り返す。

3.5 サンプリング

分析サンプルは，各カラムのサンプリングノズルからサンプリングチューブ（テフロン製，内径２㎜）を経てサンプリングボックスで一括採取する。サンプル量は，両相のホールドアップ量等を考慮し約３０mℓ＊とした。

まず，各サンプリングチューブ内の残液（最大で約３０mℓ）を除去するために，約２０秒（約３０mℓ）液を抜いた後にサンプリングを行った。

＊ 体積分率測定の場合，サンプル量は約２００mℓ

3.6 分析法

各試験に共通の分析方法を表5に示す。

表5 分析方法

		method
Dispersed phase volume fraction		volume fraction measuring funnel
U concentration	1g/ℓ≧	γ-ray spectrometry
	≦1g/ℓ	α-ray direct evaporating method
HNO_3 concentration		potentiometric titration

(1) 分散相体積分率の測定

サンプル全量を体積分率測定用ロート（図5）に投入し，数分間静置させ両相が分離した後，分散相と全相の体積を測定した。分散相の体積分率は，次式による。

分散相体積分率の測定＝分散相体積／全体積

(2) ウラン濃度分析

ウラン濃度が約1g／ℓを超えるサンプルに対してはγ線スペクトロメトリによるウラン濃分析法を採用し，約1g／ℓ以下のサンプルに対しては，α線測定によるウラン濃度分析法を採用した。

① γ線スペクトロメトリ

サンプルビンより試料を10mℓ分取し，測定セルへ移入，セットし，NaI(Tℓ)γ線検出器によりウラン濃度を測定する。

② α－分析法

試料をサンプルビンより一定量SUS製試料皿に滴下し，ホットプレート及び赤外線ランプにて加熱し乾固させる。

乾固させた試料は，ZnS(Ag) シンチレーション検出器でウラン濃度を測定する。

③ フリー硝酸分析

試料1～2mℓを採取し，30%硫酸アンモニウム水溶液を約5mℓ加え，ウランのマスキング(注)を行う。

その後，純水で全量を約50mℓに希釈し，水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定してフリー硝酸濃度を定量する。

(注) 硝酸アンモニウムで，錯体を形成させることにより，ウランと結合している硝酸根を中和滴定対象から外す。

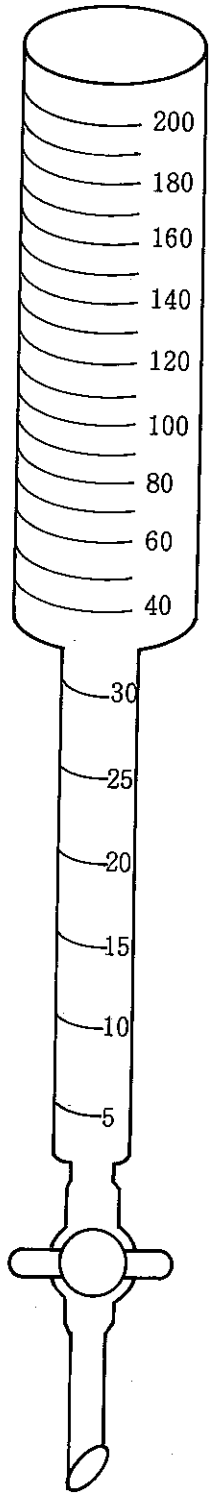


図5　体積分率測定用ロート

4. 試 験 結 果

実際のプラント運転に際し，抽出・分離工程に要求される条件は，

(1) U，Puの回収率を高く維持すること。

(2) カラム長さが定まっているため，カラム内の濃度プロフィルを安定に保つこと。

(3) FPの除染係数を高く維持すること。

である。

一方パルカラム抽出器の運転パラメーターには，

(a) 流量（流量比）

(b) 線　速

(c) パルス条件

(d) 濃　度

(e) 連続相の影響

(f) 温　度

等があげられるが，実際のプラントでは，運転中に，これらのパラメーターが何らかの原因によって，ある程度変動しても，上記の必要条件を満足する様に運転条件を設定しておく必要がある。

そこで，パルスカラム内でのウラン抽出に関する平衡関係に着目し，安定操作条件を定める方法を検討した。

その結果，抽出カラムを有効な抽出部として活用するためには，洗浄カラムからの取り出し濃度が，重要であることがわかった。

又，抽出－洗浄カラムの操作条件を決定するためには，

① 洗浄カラムからの取り出し濃度をプルトニウムの蓄積や他の変動要因を考慮して85%程度とする。

② 洗浄カラムのA／O比を0.3程度にする。

ことが必要であることもわかった。

以上，上記2点が決定されると抽出カラムの操作条件は自動的に定まる。

本報告書は，上述した最適運転操作条件のもとで抽出カラム内の線速度，抽出及び洗浄カラムのパルス条件等のパラメーターについての影響評価試験を実施した結果をまとめたものである。

4.1 安定操作条件

パルスカラムの運転においてUやPuを抽出する場合，TBP中の最大Pu，U濃度を知ることはリーク率の低減，安定な濃度プロフィールを得る上で重要であり，又，最適な運転操作条件を決定するためにも必要不可欠である。

その抽出－洗浄カラムからの溶媒中ウラン取出し濃度について表わしたものが図6である。

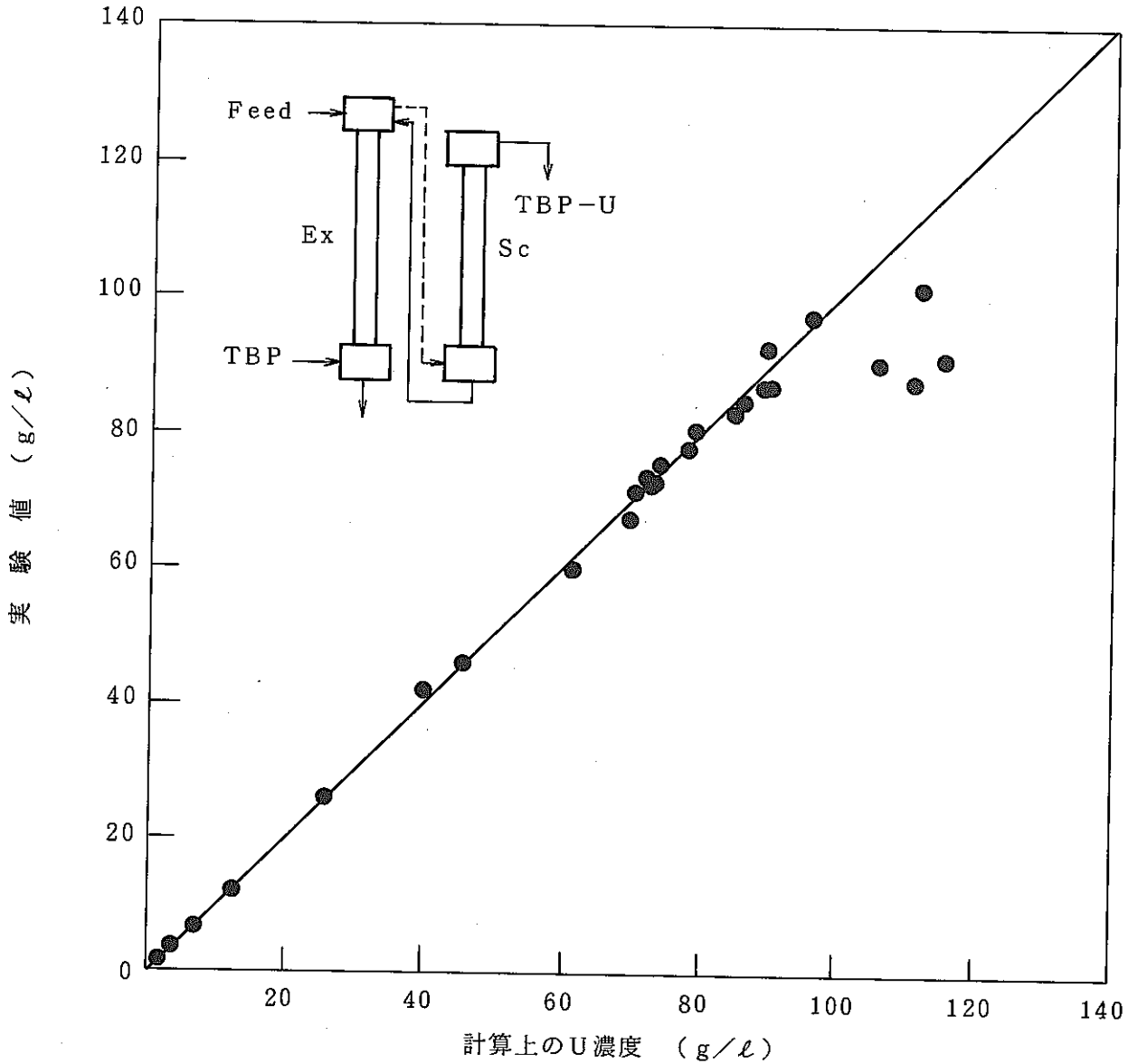


図6　抽出・洗浄カラムにおけるウラン取出し濃度

横軸に抽出カラムのフィード量とＴＢＰ流量から求めた計算上の取出し濃度をとり，縦軸にウラン試験で得た分析値をとっている。（表６に各ウランの実験値及び計算値を表７，８に各ウランの試験条件表を示す。）

プロット点がこの直線にのる場合には，feedされたウランは全て溶媒に抽出されて洗浄カラムから抽出されることになる。すなわち物質収支が１ということになる。この図からわかる様に，溶媒中のウラン濃度の最大値は約９０〜９５ｇ／ℓとなっている。

これらの結果から，プルトニウムが共存する系における最適濃度を推定することが実際のプラント操作条件を定めるうえで重要である。

その条件決定に際し，特に配慮しなければならない重要な項目としてプルトニウムの蓄積がある。すなわち，洗浄カラム内でプルトニウムの逆抽出がおこった場合，洗浄カラムフィネートが抽出塔へもどっているため，プルトニウムは抽出カラムで再び抽出され，さらに洗浄カラムへ運ばれ，又，そこで逆抽出を起こすことになる。これを何度も繰り返せば，最終的にプルトニウムの蓄積をおこす事も考えられる。この理由は，ウラン共存系においては，プルトニウム分配係数が，プルトニウム単体より低下するからであり，これを配慮する必要があることを示している。

よって，洗浄カラム全域においては，プルトニウムの分配係数を１以上に保持させる抽出−洗浄カラム操作条件を選定する必要がある。

そのため，３０％ＴＢＰ中のウラン濃度が0.1Ｍ以上のウラン存在下におけるプルトニウムの分配係数について調査したものが図７である。

横軸に水相中の硝酸濃度，縦軸にプルトニウムとウランの分配係数の比*を示している。この図からわかる様に２〜３ｍｏｌ／ℓの硝酸濃度条件下でプルトニウム４価の場合，ウランとプルトニウムの分配係数の比が0.2〜0.25となっている。

すなわち，ウラン共存系ではプルトニウムの分配係数がウランに比べ１／４〜１／５と低くなる。したがって洗浄カラム内においてプルトニウムの分配係数を１以上に保つためには，少くとも４以上のウラン分配係数がなければならないと判断される。

よってウランの分配係数を４以上とするために洗浄カラムにおける水相中のウラン濃度を決定する必要がある。

図８は，洗浄カラム内におけるウラン分配係数とＭＩＸＳＥＴに用いられているウラン抽出平衡データを比較したものである。縦軸にウランの分配係数，横軸に洗浄カラム内における水相中のウラン濃度を示している。点線が洗浄塔のデータ，実線がＭＩＸＳＥＴに用いられているウラン抽出平衡データである。

洗浄カラム内のウラン分配係数を推定するために有機相中のウラン濃度はインプットとアウトプットしかわからない為，抽出カラムからの取り出しウラン濃度と洗浄カラムからの取り出しウ

---

* Reactor Hand Book

ラン濃度を点線で結び，有機相中のウラン濃度と水相中のウラン濃度との関係からウランの分配係数を求めてプロットしている。

この図から前述の様にウランの分配係数を４以上とするためには，洗浄カラムにおける水相中のウラン濃度を約３０ｇ／ℓ以下にする必要があるといえる。

次に洗浄カラム下部におけるウラン濃度と流量比の実験結果を示したものが図９である。

横軸に洗浄カラムの流量比，縦軸に洗浄カラムボトム中のウラン濃度をとっている。

図中の ● は洗浄カラムからの取り出しウラン濃度１００ｇ／ℓ，○は同様に８０ｇ／ℓ，▲は６０ｇ／ℓのそれを表わしている。

洗浄カラム取り出しウラン濃度１００ｇ／ℓとした場合，もどり濃度は約１００ｇ／ℓとなり，ウランですら蓄積を起こす傾向となる。

洗浄プロダクトを８０ｇ／ℓとすれば，洗浄流量を増やし，0.3以上としてもなおかつ２０ｇ／ℓ以下である。洗浄プロダクト６０ｇ／ℓの場合は更に低く３〜４ｇ／ℓとなる。図中の点線が，プルトニウムを考慮した条件での濃度３０ｇ／ℓであり，この値以下となる様に運転条件を選定する必要がある。

よって本報告書では，プルトニウムを蓄積や他の変動要因を考慮して溶媒中の取り出しウラン濃度を８５ｇ／ℓとして各種パラメーター評価試験を実施してきている。

4.2 線速の影響

抽出性能に及ぼす線速の影響について表わしたものが図１０である。

横軸にカラム内線速，縦軸に抽出１段目のＨＥＴＳを示している。流量比Ａ／Ｏは0.６２〜0.６４，パルス条件は２０㎜×６０ cpm と一定条件で行っている。又，処理能力の決定は抽出フィード液２００ｇ／ℓ，洗浄カラムプロダクト８５ｇ／ℓ，洗浄カラムＡ／Ｏ比＝0.３と仮定したものによる。

図中の横軸で表わされている線速は，フラッディングポイントに対する割合及び処理能力と対応している。

この結果より，線流速を１３〜２３ｍ／ｈすなわちフラッディングポイントの約３０〜６０％の範囲ではＨＥＴＳがほぼ一定（約６０㎝程度）となることがわかる。

表6　各ランの実験値及び計算値

試　験　名	実　験　値 (g／ℓ)	計　算　値 (g／ℓ)
CA　−10	1.45	1.45
−11	3.55	3.57
−12	6.95	6.98
−13	12.6	12.6
−14	25.7	25.7
SU86−11	41.9	40.0
DZ85−3CI	45.9	45.9
DZ84−2	59.7	61.8
HC86−1	67.0	69.5
SU86−7	71.2	70.8
−4	72.9	72.7
−2	72.8	73.4
HC86−3	72.3	73.6
SU86−6	73.7	73.5
−3	75.4	74.0
SU86−1A	77.7	78.5
CA　−7	80.8	79.1
SU86−10	82.8	85.0
UR　−4	84.6	86.4
SU86−8	86.9	89.6
DZ84−4	87.2	90.3
CA　−6	92.6	89.7
SU86−12	97.2	96.3
UR　−3	90.3	106.1
DZ85−4a	88.1	111.1
DZ85−4b	91.6	115.5
SU86−9	101.6	112.2

表7　実験条件

Test Title	Run №	Ex Column						Sc Column				St Column			
		U Conc.	H^+	A	O	A/O	a×f	H^+	A	A/O	a×f	H^+	A	A/O	a×f
		g/ℓ	mol/ℓ	ℓ/hr	ℓ/hr		mm×cpm	mol/ℓ	ℓ/hr		mm×cpm	mol/ℓ	ℓ/hr		mm×cpm
	CA −10	9.75	3.04	7.4	49.9	0.49	20×40	3.0	17.3	0.35	20×30	0.02	65	1.30	20×60
	−11	20.4	3.05	8.6	49.2	0.51			16.9	0.34				1.32	
	−12	39.1	3.02	9.0	50.4				16.6	0.33				1.29	
	−13	76.0	3.0	8.2	49.5	0.49			15.9	0.32				1.31	
	−14	151		8.1	47.3	0.53			17.1	0.36				1.37	
	SU86−11	212		19.4	102.8	0.49			30.9	0.30	20×30		136.9	1.33	
	DZ85−3CI	220		18.3	79.8	0.41	20×60		14.7	0.18	15×40		142.9	1.79	
	DZ84−2	200		26.3	85.1	0.42	20×40		9.3	0.11	20×30		109	1.28	
	HC86−1	267	5.0	30.7	118	0.45			22.2	0.19	20×60		162	1.37	
	SU86−7	208	3.0	41.2	121	0.6			31.4	0.26	20×60		154.7	1.28	
	−4	212			119	0.63			33.8	0.28	20×60		157.9	1.33	
	−2					0.64	20×30		34.8	0.29	20×30		183.2	1.54	
	HC86−3	267	5.0	17.2	62.4	0.51	20×40		14.8	0.24	20×30		86.3	1.38	
	SU86−6	210	3.0	41.2	117.6	0.65	20×40		35.3	0.30	20×60		176.4	1.50	

表8　実験条件

Test Title	Run No.	Ex Column						Sc Column				St Column			
		U Conc.	H^+	A	O	A/O	a×f	H^+	A	A/O	a×f	H^+	A	A/O	a×f
		g/ℓ	mol/ℓ	ℓ/hr	ℓ/hr		mm×cpm	mol/ℓ	ℓ/hr		mm×cpm	mol/ℓ	ℓ/hr		mm×cpm
	SU86-3	212	3.0	41.2	118	0.63	20×40	3.0	35.5	0.28	20×60	0.02	159.1	1.33	20×60
	-1A	↓	↓	46.3	125.1	0.63	↓	↓	33.1	0.26	20×30	↓	155.1	1.23	↓
	CA -7	219	↓	37.8	104.6	0.70	↓	↓	34.9	0.33	↓	↓	143.3	1.37	↓
	SU86-10	212	↓	41.2	102.8	0.7	↓	↓	30.9	0.3	↓	↓	134.9	1.31	↓
	UR -4	206.5	2.98	23	55	0.54	↓	2.98	6.8	0.12	↓	↓	105	1.91	↓
	SU86-8	262	3.0	21.2	62.0	0.63	↓	3.0	21.2	0.34	↓	↓	92.1	1.48	↓
	DZ84-4	201.6	3.01	28.9	64.5	0.62	↓	3.01	11.2	0.17	20×40	↓	97.6	1.51	20×40
	CA -6	223	3.0	41.6	103.4		↓	3.0	22.4	0.22	20×30	↓	141.7	1.37	20×60
	SU86-12	220	↓	45	102.8	0.75	↓	↓	30.1	0.29	↓	↓	139.4	1.36	↓
	UR -3	206.5	↓	26.9	52.5	0.64	↓	↓	6.8	0.13	↓	↓	70	1.33	↓
	DZ85-4a	201.4	↓	32.1	58.1	0.72	20×30	↓	9.7	0.17	15×40	↓	89.4	1.54	↓
	-4b	↓	↓	32.3	56.2	0.75	20×60	↓	9.6		15×30	↓	90.9	1.62	20×70
	SU86-9	262	↓	21.2	49.5	0.79	20×40	↓	17.8	0.36	20×30	↓	81.8	1.65	20×60

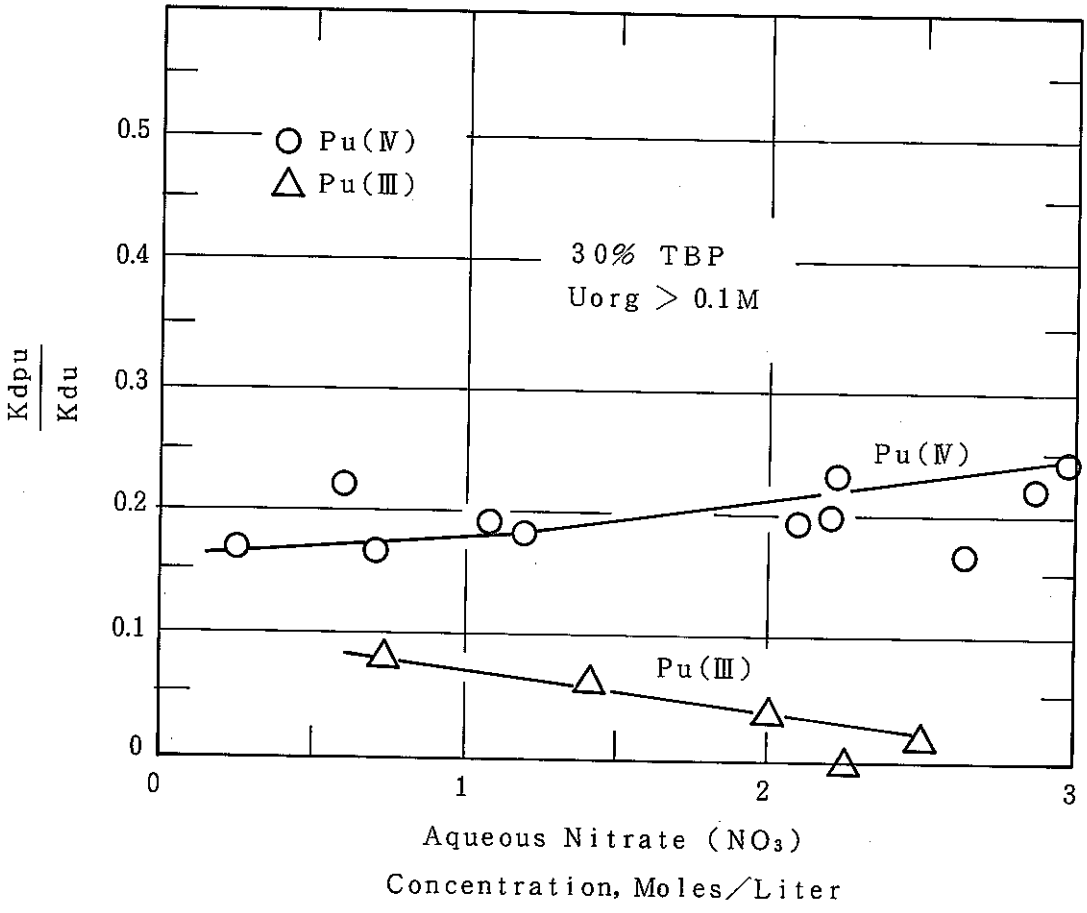


図7　ウラン存在下におけるPuの分配係数

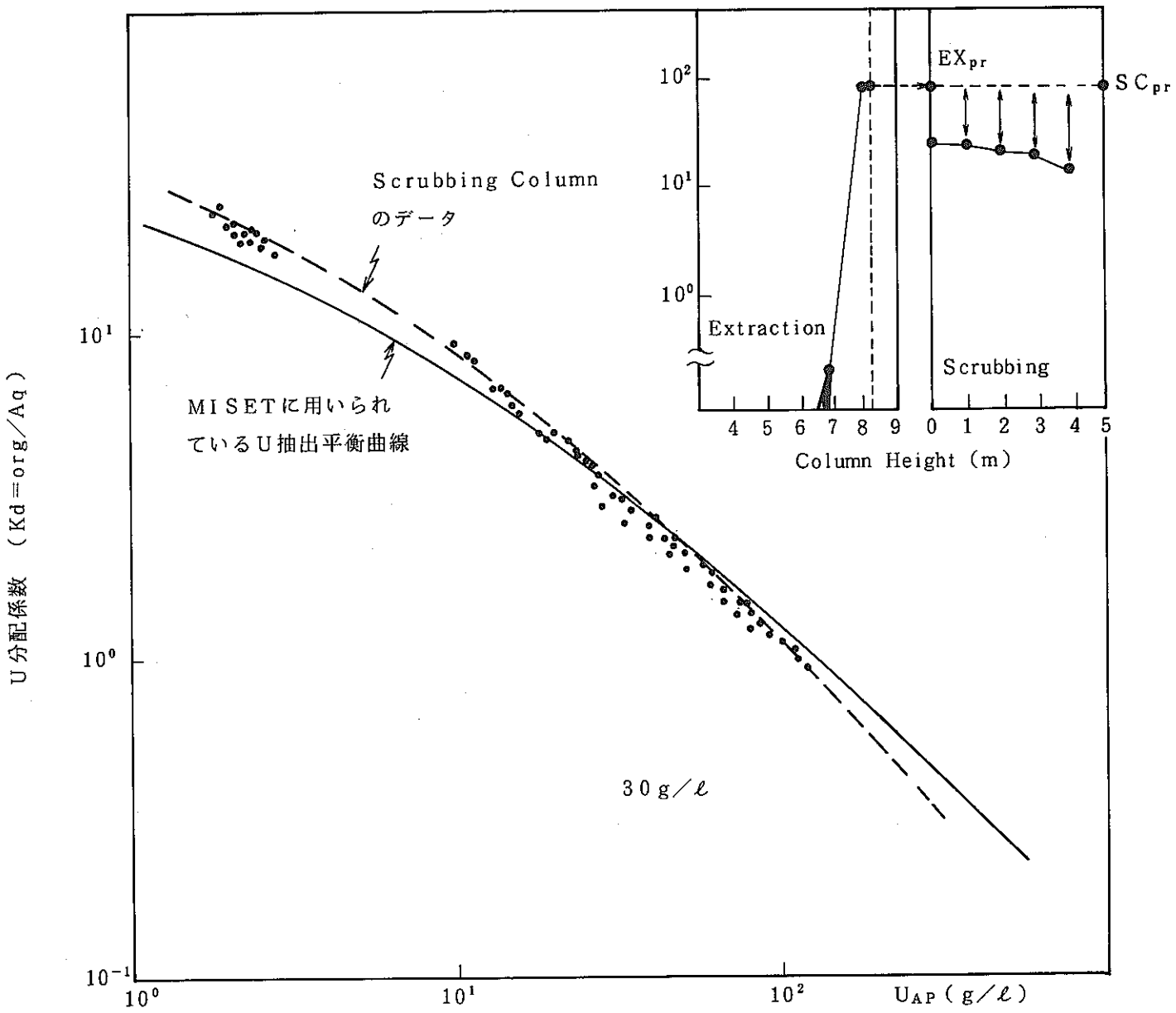


図8　洗浄カラム内におけるウラン分配係数と抽出平衡データ

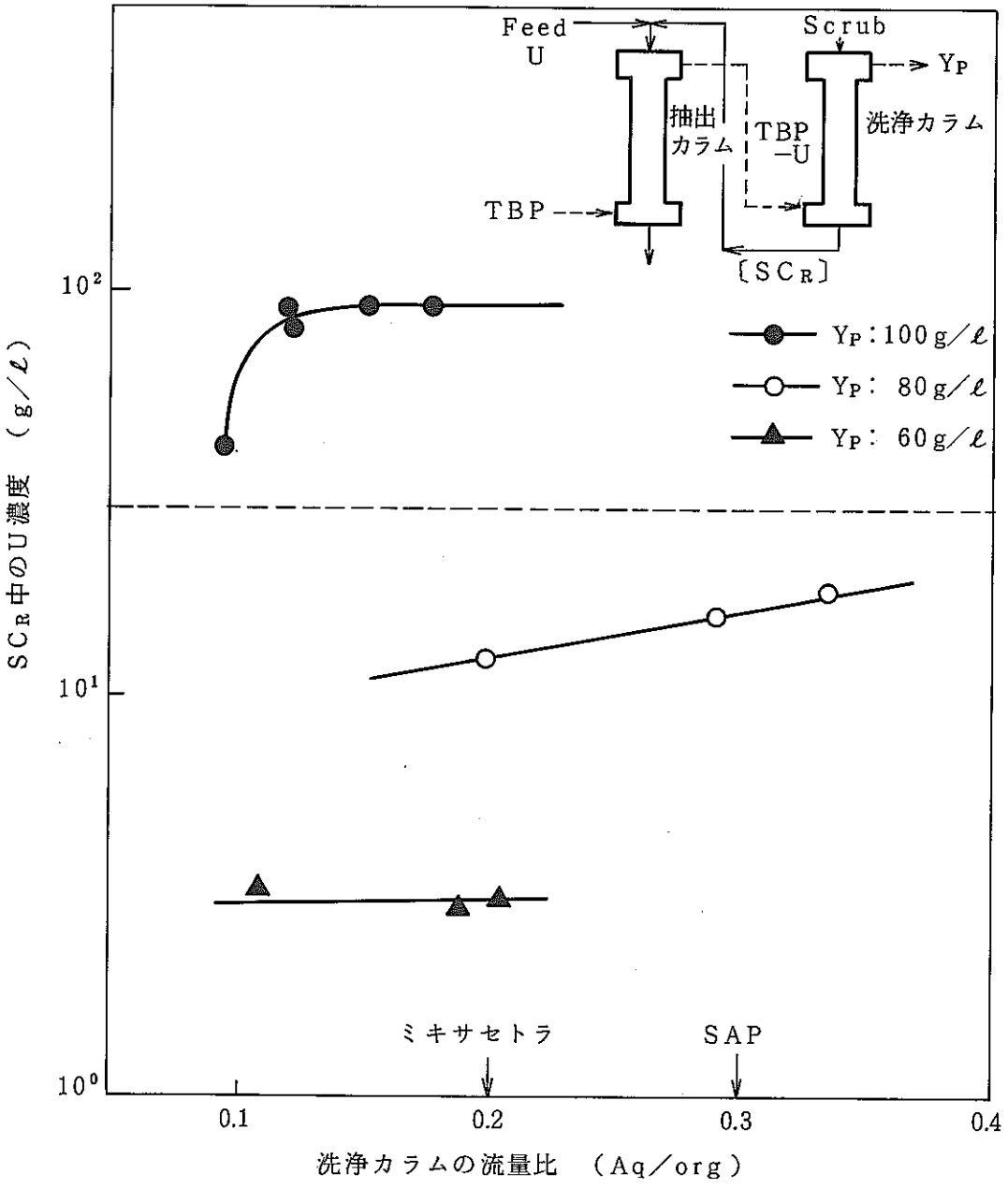


図9 洗浄カラム下部におけるウラン濃度と流量比

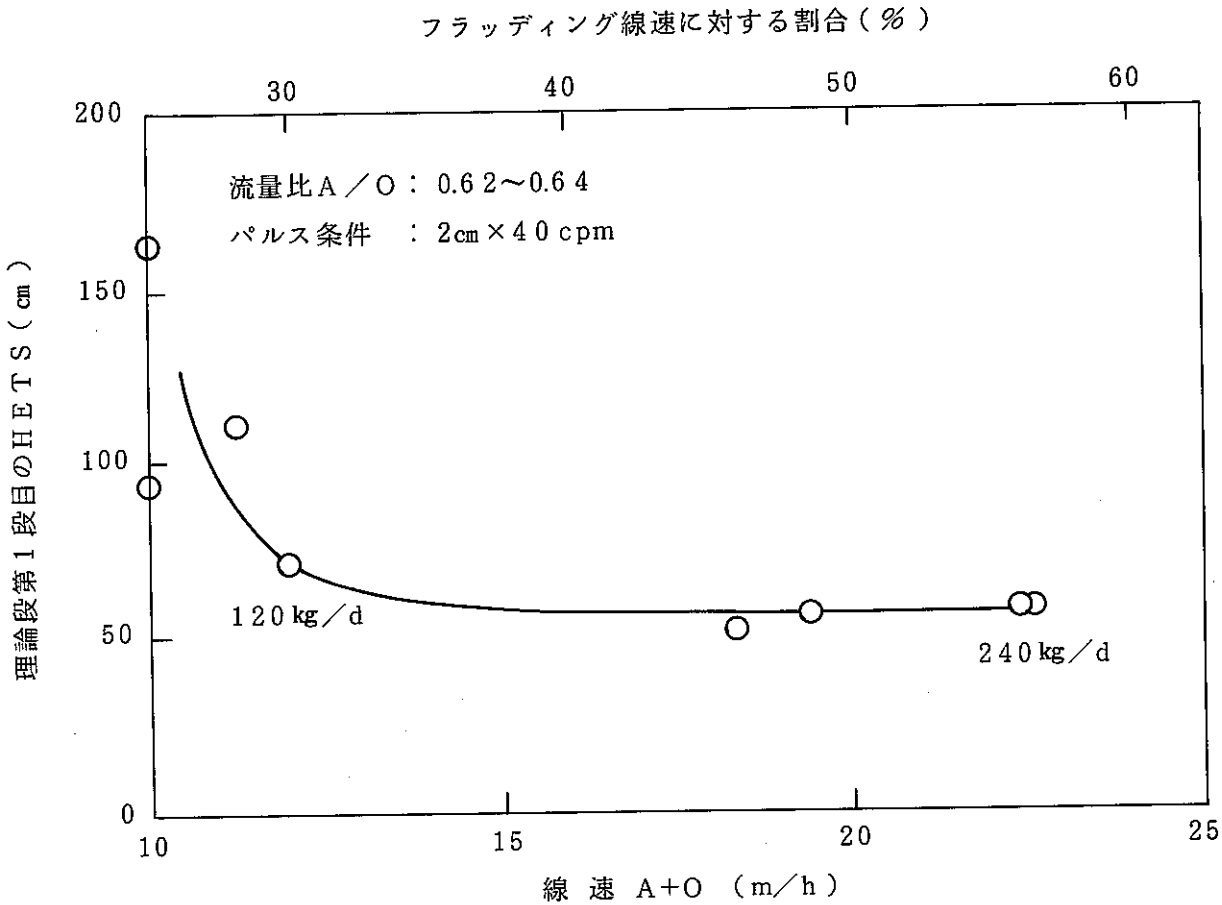


図10　抽出性能に及ぼす線速の影響

4.3 パルス条件の影響

実規模相当装置でのパラメーター影響評価のうちパルス条件の影響について抽出，洗浄，逆抽出塔について，それぞれ検討した。

(1) 抽 出 塔

試験条件として 振幅２０㎜（一定），振動数３０，４０，６０cpmを選んだ。

そのときの濃度プロフィールを図１１に示す。

縦軸にウラン濃度，横軸にカラム長さをとっており，この図からわかる様に抽出塔に関しては，パルス条件によらず，ほぼ同じ濃度プロフィルが得られた。

この濃度プロフィールを視点をかえてHETS（The Height Equivalent to a theoretical stageの略）の値からパルスの影響を見たのが図１２である。

この図は線速をフラッディングポイント５５%に相当する線速約２２m／hに上げた条件でパルス振動数を３０，４０，６０cpm としたときのＨＥＴＳを表わしている。流量比及びパルス振幅は一定である。この図よりＨＥＴＳの１段目と２段目の値がほぼ同じ値となっていることがわかるが，これは図１１のグラフにおいて濃度勾配が直線的に低下しているのと対応している。すなわち，その濃度プロフィルが抽出カラムにおける理想的なプロフィールであると考えられる。

(2) 洗 浄 塔

抽出塔と同時に試験条件をパルス振幅２０㎜一定とし，洗浄カラムＡ／Ｏ比0.２８～0.３，パルス振動数を３０～６０cpm に変化させたときの洗浄カラム内濃度プロフィールを調べた。

図１３にそのときの洗浄カラム内濃度プロフィルを示す。横軸にカラム長さ，縦軸にウラン濃度，酸濃度をとっている。

この図より，パルス振動数が小さい程，原液ウラン量に対する洗浄廃液戻りウラン量の割合が高いということがわかる。抽出塔に関しては，パルスの影響を受けないという結果だったが，洗浄塔については，原液ウラン量に対する洗浄廃液戻りウラン量を少くするため，パルス条件を高く設定する必要があるが，蓄積領域でない限り戻り率を低くする必要はないと言える。ただし平衡値に近づくという点ではＦＰの高ＤＦ化のためには，高パルス条件が好ましいと判断される。すなわち，高ＤＦ化を目指す場合は高パルス条件が好ましいがフラッディング，エントレインメント等を考えると，低パルス条件側の方がよいため，これらのことをすべて考慮した上で洗浄塔のパルス条件を定める必要がある。

図１４，ウラン戻り率への洗浄カラムパルス振動数の影響を参照の事。

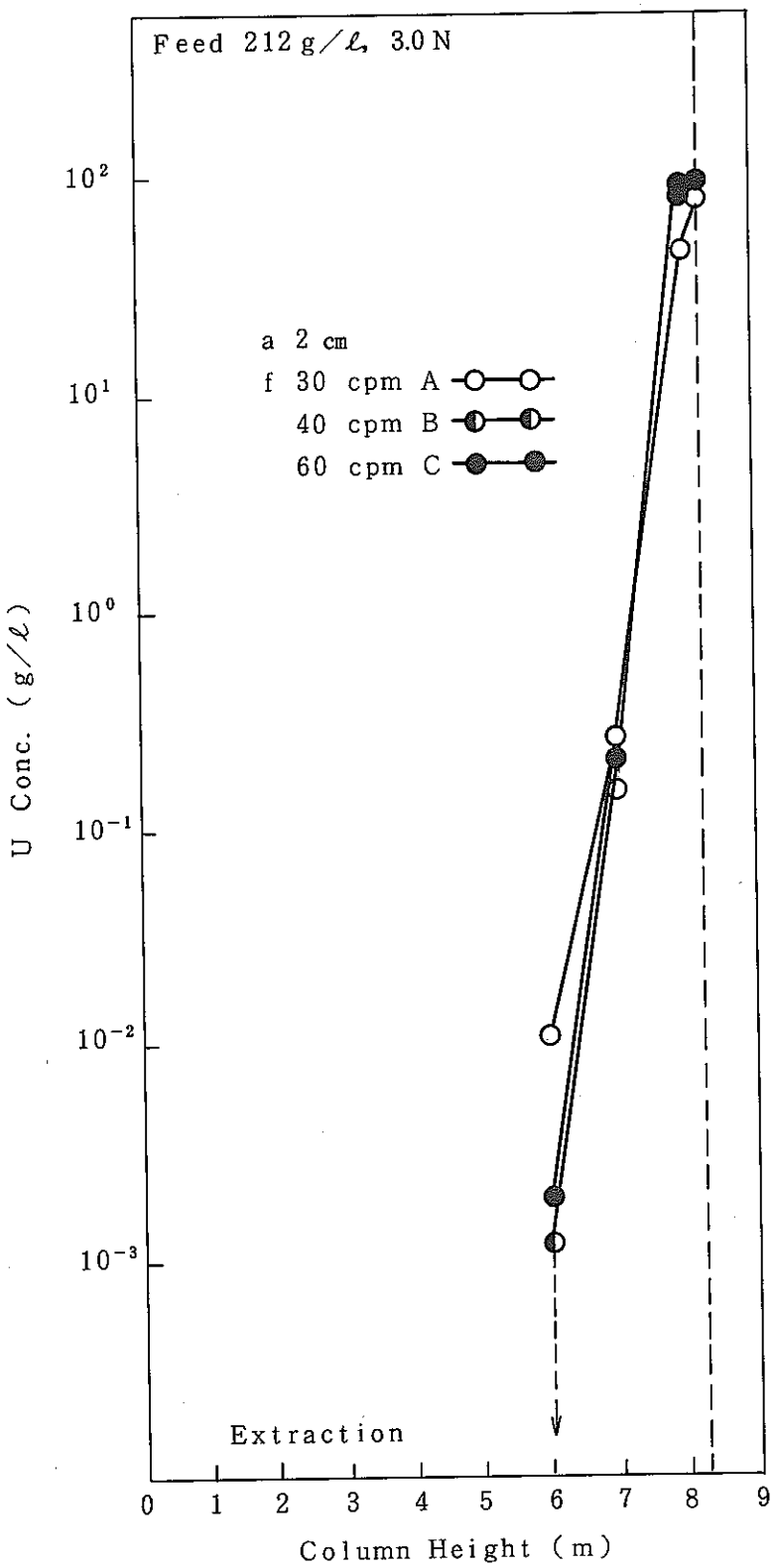


図１１　抽出カラム内濃度プロフィール

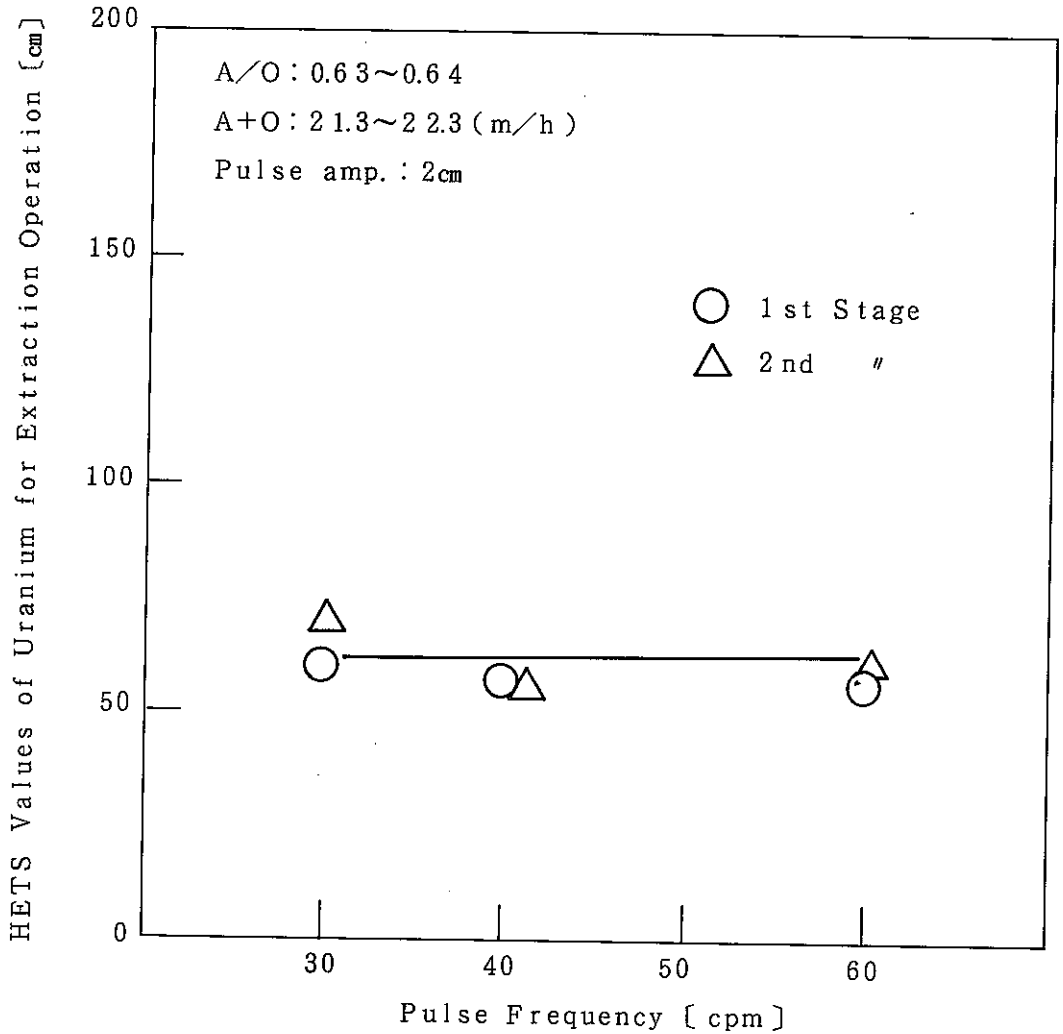


図12　パルス振動数による抽出カラムのＨＥＴＳ

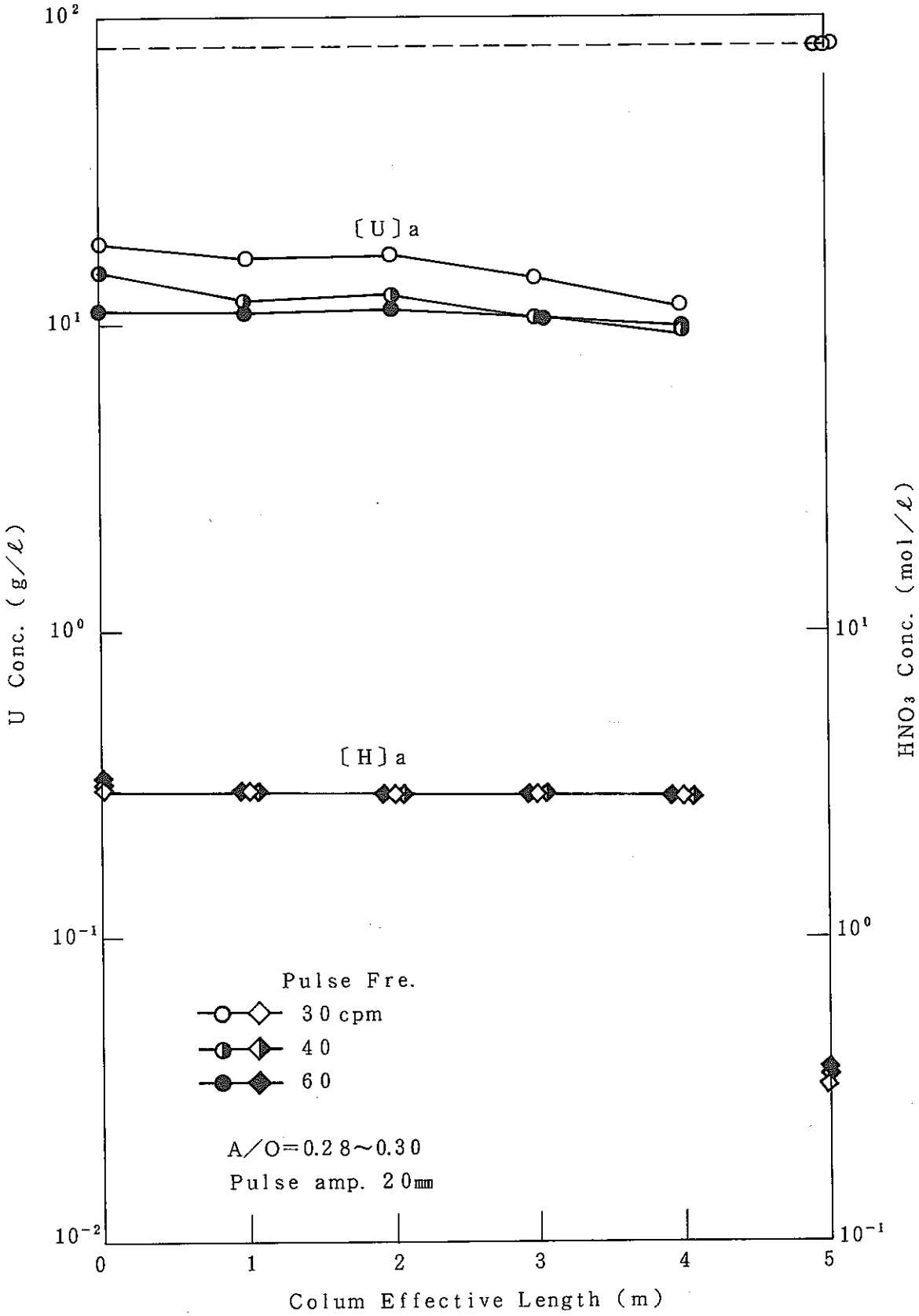


図13　洗浄カラムウラン濃度プロフィル

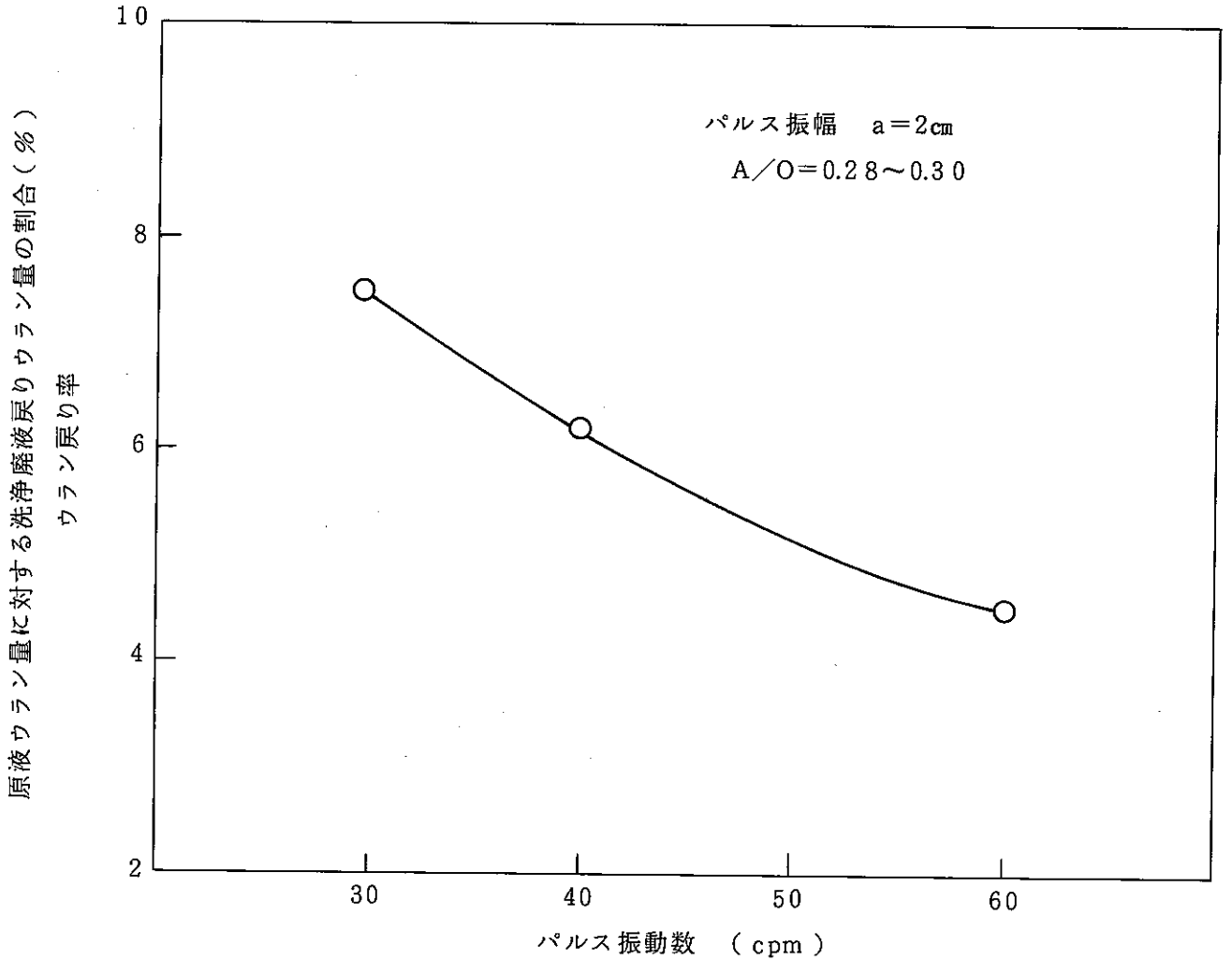


図14　ウラン戻り率への洗浄カラムパルス振動数の影響

(3) 逆抽出塔

抽出，洗浄塔と同様に振幅を２０㎜一定，振動数を３０，４０，６０cpm に変化させたときの各カラム内濃度プロフィールを図１５＆１６に示す。

両図共，３０cpmより，４０，６０cpmの方がプロフィルの勾配が急であり，逆抽出効率が向上している。但し４０cpmと６０cpmとではプロフィル上の大差はないこともわかる。

すなわち，運転領域，界面検出への影響，エアーパルサーの耐久性等を考慮すればパルス振動数として４０cpm が最適であると判断される。

（表９～１５に逆抽出試験分析結果を示す）

4.4 処理能力の把握

パルスカラム抽出器として安定な運転を行うために必要な条件を把握するため，各種パラメーター評価試験を実施し，その一連のウラン試験とあわせて，本試験装置の処理能力についても確認した。

一連のウラン試験の結果，当初計画処理量の倍の２４０kg／day 相当の流量条件下でも十分余裕のある運転が可能であることがわかった。

図１７は，処理能力１２０kg／day～２４０kg／day までの抽出特性を確認するために行った試験の抽出カラム内濃度プロフィールを表わしたものである。横軸にカラム必要長さ，縦軸にウラン濃度をとり，パルス振幅２０㎜，振動数４０cpm の試験条件で行っている。

右が２４０kg／day 相当の濃度プロフィール，左が１２０kg／day のそれで，どちらもＴＯＰから約３ｍで検出限界10^{-2} g／ℓ までおちており，線速が高い場合には，約２ｍでおちているのがわかる。

よって，本試験結果よりロス率を0.０５％以下におさえるための抽出必要長は約３ｍあれば十分であり，線速が大きければ抽出効率がよくなることがわかった。

4.5 外乱の影響

パルスカラム運転における外乱の影響について把握するため，本試験において定常運転中にＴＢＰ流量を約２０％減少させ，抽出・洗浄カラムのウラン濃度の経時変化を調べた。横軸にウラン濃度をとっている。

図１８から，外乱１時間後に有効抽出部としてつかわれないカラム長さが増大し，５時間後には完全に肩を持った濃度プロフィールとなることがわかる。

洗浄カラム内においても外乱印加後水相中のウラン濃度は上昇し，５時間目には約３０g／ℓとなっている。

本試験はベッセル容量等の都合から５時間しか実施できなかったが，時間とともにプロフィール上の肩の長さが増大するものと思われる。

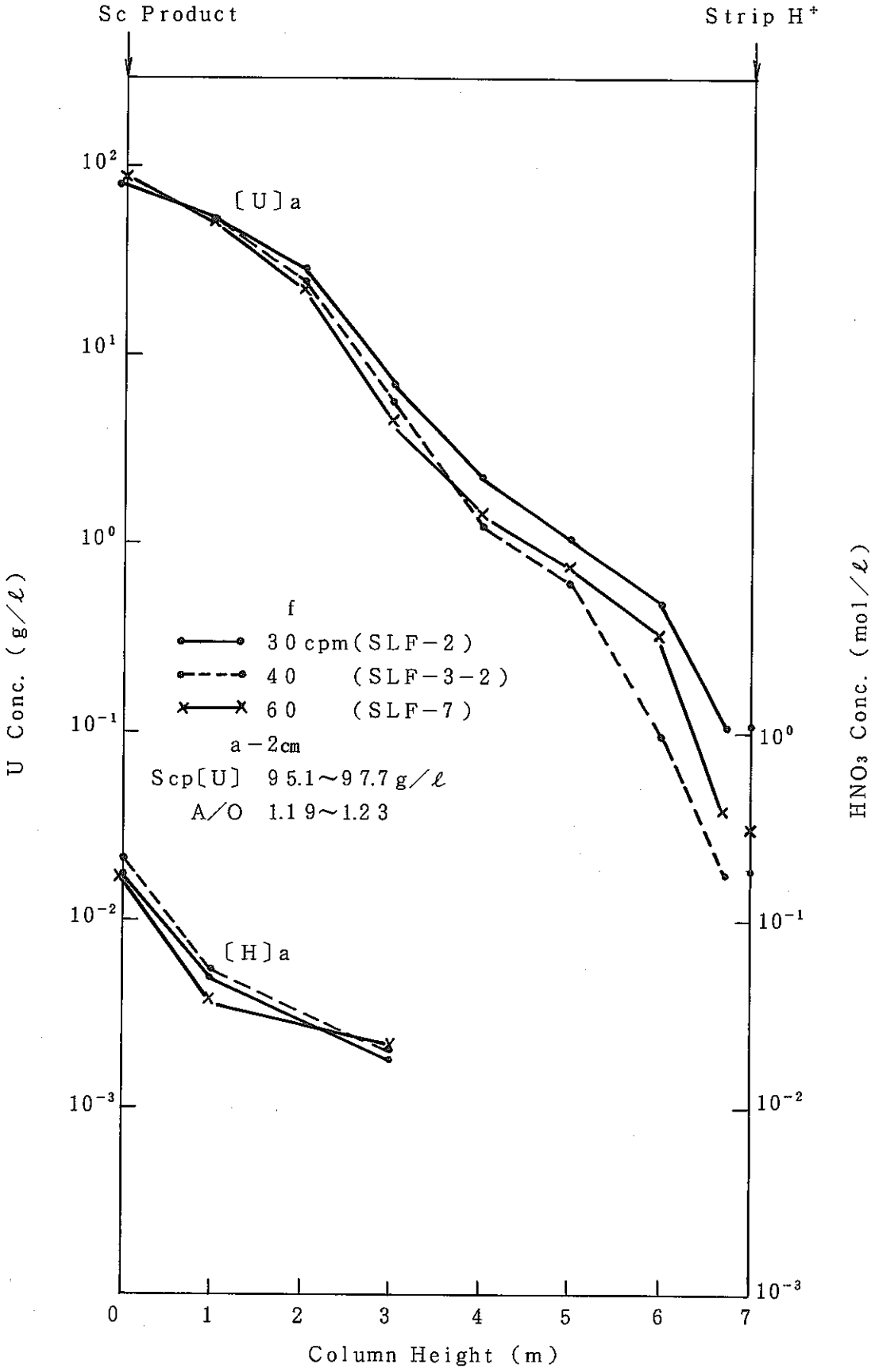


図15　逆抽出カラム内ウラン，硝酸濃度プロフィル

表9　送液制御試験 － 逆抽出試験分析結果（SLF－2）

Run No.	SLF－2		O/A	70/84	エアパージ	
含U TBP	U, g/ℓ	95.1	a, mm	20	流量, Nℓ/hr	24×2
	H, N	0.211	f, cpm	30	パージ管バッファー	有
逆抽出液	H, N	0.019	パルセータ(*)	旧		
A+O, ℓ/hr		84+70	Aq. phase cont.			

サンプリング番号		1		2		3		4		5		6	
サンプリング時間		1.0		2.0		3.0		4.0		5.0		6.0	
A+O, ℓ/hr		82.3+70.9		84.6+70.9		84.6+70.9		84.6+70.9		84.6+70.9		84.5+70.9	
カラム内液温	上部	58.7		56.0		59.0		59.0		58.3		58.5	
	下部	39.6		44.5		43.0		45.0		46.5		46.0	
分析項目		U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N
SOR		0.0216	0.00137	0.0885	0.00183	0.155	0.00229	0.122	0.00206	0.128	0.00229	0.111	0.00229
S－7				0.103	0.0183			0.136	0.0183			0.107	0.0177
S－6				0.441	－			0.551	－			0.492	－
S－5				1.85	0.0183			1.61	0.0183			1.08	0.0172
S－4				3.82	－			2.75	－			2.28	－
S－3				18.4	0.0172			14.0	0.0177			6.91	0.0183
S－2				34.3	－			38.6	－			28.4	－
S－1				64.8	0.0430			62.5	0.0500			53.0	0.0480
SAP		62.4	0.180	84.5	0.220	88.2	0.230	87.2	0.230	77.8	0.230	79.2	0.170

SOR：廃TBP，SAP：精硝酸ウラニル

(*)　改良型パルセータ：レグ管径　20mmφ

表10 送液制御試験 － 逆抽出試験分析結果（SLF－3－2）

Run No.	SLF－3－2		O/A	70/84	エアパージ	
含U TBP	U, g/ℓ	96.7	a, mm	20	流量, Nℓ/hr	24×2
	H, N	0.193	f, cpm	40	パージ管バッファー	有
逆抽出液	H, N	0.020	パルセータ(*)	旧		
A+O, ℓ/hr		84+70	Aq. phase cont.			

サンプリング番号		1		2		3		4		5		6	
サンプリング時間		1.0		2.0		3.0		4.0		5.0		6.0	
A+O, ℓ/hr		90.9+69.0		90.9+69.0		90.9+70.2		90.9+70.2		90.9+70.2		86.9+70.9	
カラム内液温	上部	63.0		61.0		59.6		59.2		57.0		56.9	
	下部	36.0		47.0		47.2		47.2		44.0		43.5	
分析項目		U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N
SOR		0.0127	0.00115	0.0123	0.00115	0.00883	0.00115	0.0169		0.0134	0.00137	0.0180	0.00137
S－7				0.0154	0.0160			0.00538	－			0.0177	0.0172
S－6				0.0891	－			0.0223	－			0.0952	
S－5				0.564	0.0189			0.0810	－			0.621	0.0206
S－4				1.39	－			0.404	－			1.26	
S－3				4.88	0.0212			1.80	－			5.67	0.0206
S－2				25.8	－			14.8	－			24.6	
S－1				56.2	0.0531			41.0	0.0483			53.0	0.0531
SAP		72.8	0.193	83.2	0.217	74.6	0.193	73.0	0.193	78.6	0.217	79.5	0.217

SOR：廃TBP，SAP：精硝酸ウラニル

(*) 改良型パルセータ：レグ管径 20mmφ

表11 送液制御試験 － 逆抽出試験分析結果（SLF－7）

Run No.	SLF－7		O/A	70/84	エアパージ	
含U TBP	U, g/ℓ	97.7	a, mm	20	流量, Nℓ/hr	24×2
	H, N	0.154	f, cpm	60	パージ管バッファー	有
逆抽出液	H, N	0.021	パルセータ(*)	旧		
A+O, ℓ/hr		84+70	Aq. phase cont.			

サンプリング番号		1		2		3		4		5		6	
サンプリング時間		1.0		2.0		3.0		4.0		5.0		6.0	
A+O, ℓ/hr		91.4+70.9		91.4+70.9		89.2+70.9		89.2+70.9		84.6+70.9		91.4+70.9	
カラム内液温	上部	64		57		57.9		58.5		58.3		57.4	
	下部	29.6		41.0		41.9		43.0		42.8		43.4	
分析項目		U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N
SOR		0.0135	0.00137	0.0116	0.00137	0.0139	0.00183	0.0286	0.00183	0.0413	0.00183	0.0317	0.00137
S－7								0.0340	0.0190			0.0398	0.0220
S－6								0.317	－			0.342	－
S－5								0.736	0.0210			0.769	0.0210
S－4								1.72	－			1.49	－
S－3								4.87	0.0180			4.58	0.0220
S－2								28.8	－			22.6	－
S－1								56.8	0.0380			51.9	0.0380
SAP		75.7	0.193	85.9	0.169	83.2	0.193	87.5	0.169	88.5	0.193	88.4	0.169

SOR：廃TBP，SAP：精硝酸ウラニル

(*) 改良型パルセータ：レグ管径 20mmφ

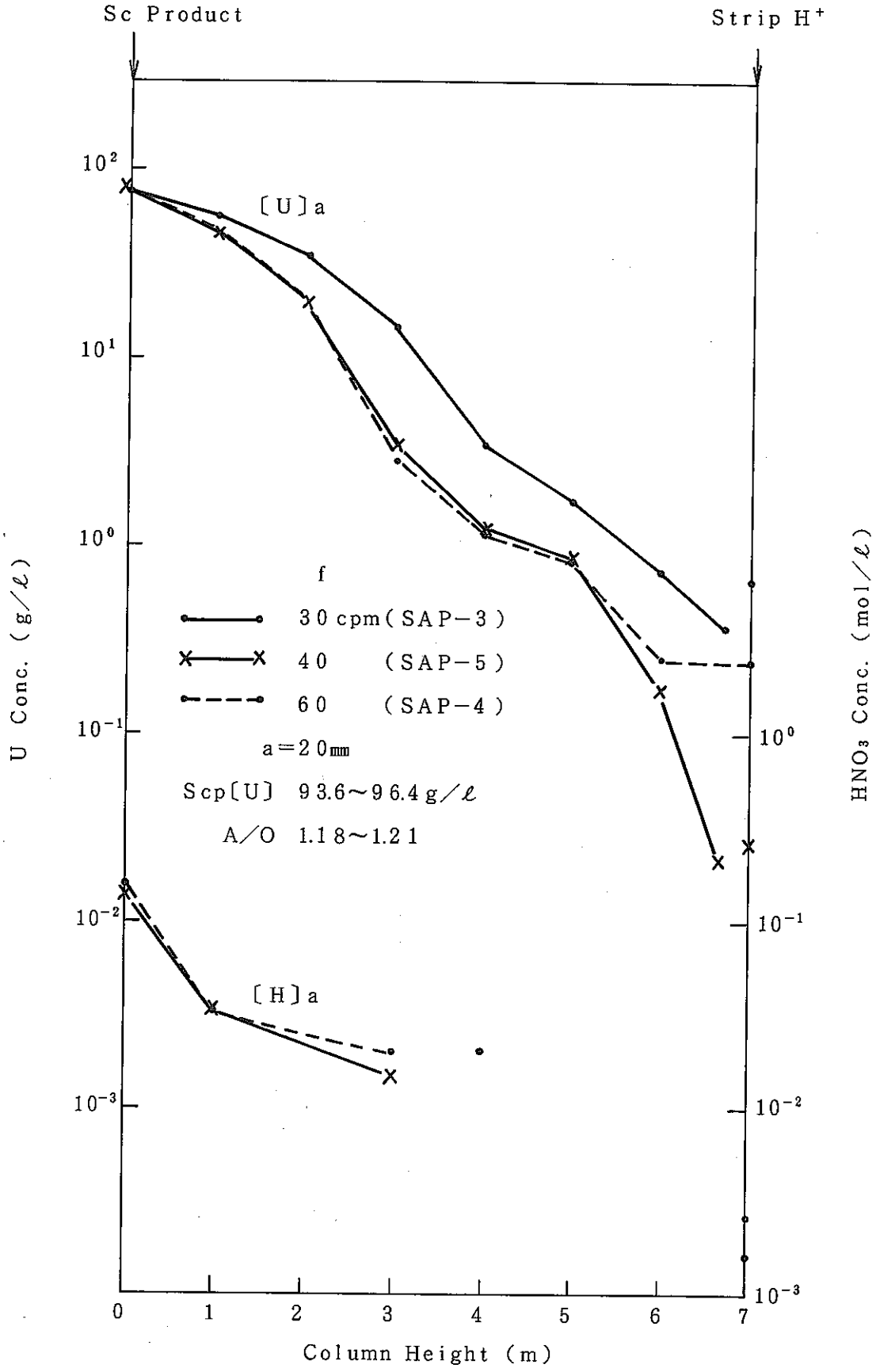


図16　逆抽出カラム内ウラン，硝酸濃度プロフィル

表１２　気泡式界面検出試験(II)　−　逆抽出試験分析結果（ＳＡＰ−３）

Run No.	SAP−3		O/A	70/84	エアパージ	
含U TBP	U, g/ℓ	93.6	a, mm	20	流量, Nℓ/hr	48×2
	H, N	0.220	f, cpm	30	パージ管バッファー	無
逆抽出液	H, N	0.022	パルセータ(*)	改		
A+O, ℓ/hr		84+70	Aq. phase cont.			

サンプリング番号		1		2		3		4		5		6	
サンプリング時間		1.0		2.0		3.0		4.0		5.0		6.0	
A+O, ℓ/hr		84.0+70.0		84.0+70.0		84.0+70.0		84.0+70.0		84.0+70.0		84.0+70.0	
カラム内液温	上部	46.3		46.5		46.5		46.6		46.7		46.7	
	下部	33.7		33.9		34.0		34.2		34.3		34.3	
分析項目		U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N
SOR		0.216	0.00310	0.0322	0.00340	0.216	0.00290	0.513	0.00240	0.465	0.00240	0.667	0.00270
S−7				0.375	−			0.474	−			0.371	−
S−6				0.740	0.0190			0.870	0.0180			0.730	0.0193
S−5				1.42	−			1.81	−			1.87	−
S−4				2.27	0.0210			3.90	0.0190			3.44	0.0205
S−3				10.9	−			16.1	−			14.8	−
S−2				30.7	0.0220			36.6	0.0250			35.3	0.0253
S−1				53.7	−			57.0	−			56.4	−
SAP				−	−	68.7	0.173	73.6	0.185	74.2	0.183	77.4	0.163

ＳＯＲ：廃TBP，ＳＡＰ：精硝酸ウラニル

(*)　改良型パルセータ：レグ管径　２０mmφ

表１３　気泡式界面検出試験(II)　－　逆抽出試験分析結果（ＳＡＰ－４）

Run No.	SAP－4		O/A	70/84	エアパージ	
含U TBP	U, g/ℓ	95.87	a, mm	20	流量, Nℓ/hr	48×2
	H, N	0.220	f, cpm	60	パージ管バッファー	無
逆抽出液	H, N	0.022	パルセータ(*)	改		
A+O, ℓ/hr		84+70	Aq. phase cont.			

サンプリング番号		1		2		3		4		5		6	
サンプリング時間		1.0		2.0		3.0		4.0		5.0		6.0	
A+O, ℓ/hr		84.0+70.0		84.0+70.0		84.0+70.0		93.7+76.3		83.5+70.6		84.0+70.0	
カラム内液温	上部	53.5		54.5				56.0		57.0		57.0	
	下部	38.0		39.5				41.0		41.0		41.0	
分析項目		U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N
SOR		0.0620	0.00169	0.189	0.00145	0.170		0.219	0.00193	0.234	0.00145	0.193	0.00121
S－7				0.274	0.0181			0.255	0.0223			0.256	0.0217
S－6				0.279	－			0.317	－			0.249	－
S－5				0.910	0.0235			0.840	0.0217			0.950	0.211
S－4				1.31	－			1.45	－			1.23	－
S－3				2.61	0.0241			3.21	0.0167			2.93	0.0169
S－2				20.3	－			18.5	－			17.0	－
S－1				46.2	0.0386			49.0	0.0325			51.4	0.0482
SAP		69.2	0.178	74.7	0.159	76.0		79.7	0.149	79.8	0.185	81.2	0.154

ＳＯＲ：廃TBP，ＳＡＰ：精硝酸ウラニル

(*)　改良型パルセータ：レグ管径　20mmφ

表１４　気泡式界面検出試験(II)　－　逆抽出試験分析結果（SAP－４）続き

Run No.	SAP－4		O/A	70/84	エアパージ	
含U TBP	U, g/ℓ	95.87	a, mm	20	流量, Nℓ/hr	48×2
	H, N	0.220	f, cpm	60	パージ管バッファー	無
逆抽出液	H, N	0.022	パルセータ(*)	改		
A+O, ℓ/hr		84+70	Aq. phase cont.			

サンプリング番号		7		8									
サンプリング時間				8.25									
A+O, ℓ/hr				83.5+70.5									
カラム内	上部			57.0									
液温	下部			42.0									
分析項目		U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N
SOR				0.246	0.00161								
S－7				0.255	0.0226								
S－6				0.263	－								
S－5				0.820	0.0217								
S－4				1.16	－								
S－3				2.87	0.0205								
S－2				20.5	－								
S－1				48.7	0.0325								
SAP				82.2	0.156								

ＳＯＲ：廃TBP，ＳＡＰ：精硝酸ウラニル

(*)　改良型パルセータ：レグ管径　２０mmφ

表１５　気泡式界面検出試験(II)　－　逆抽出試験分析結果（ＳＡＰ－５）

Run No.	SAP−5		O/A	70/84	エアパージ	
含U TBP	U, g/ℓ	96.4	a, mm	20	流量, Nℓ/hr	72×2
	H, N	0.160	f, cpm	40	パージ管バッファー	有
逆抽出液	H, N	0.020	パルセータ(*)	改		
A+O, ℓ/hr		84+70	Aq. phase cont.			

サンプリング番号		1		2		3		4		5		6	
サンプリング時間		1.0		2.0		3.0		4.0		5.0		6.0	
A+O, ℓ/hr		75.0+69.7		84.6+69.7		84.6+69.7		84.6+69.7		84.6+69.7		84.6+69.7	
カラム内液温	上部	60.5		57.0		58.0		57.0		57.6		58.0	
	下部	36.0		41.0		47.0		45.0		46.0		45.5	
分析項目		U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N	U, g/ℓ	H, N
SOR		0.0255	0.00183	0.0185	0.00183	0.0166	0.00160	0.0193	0.00115	0.0166	0.00115	0.0270	0.00115
S−7				0.0220	0.0160			0.0143	0.0110			0.0220	0.0160
S−6				0.0935	−			0.0810	−			0.169	−
S−5				0.591	0.0180			0.632	0.0180			0.890	0.0160
S−4				1.45	−			1.26	−			0.740	−
S−3				6.83	0.0210			2.85	0.0170			3.42	0.0150
S−2				31.4	−			17.2	−			20.0	−
S−1				58.7	0.0340			44.3	0.0340			47.3	0.0340
SAP		78.3	0.180	89.0	0.180	84.3	0.170	77.8	0.170	79.3	0.160	79.4	0.140

ＳＯＲ：廃TBP，ＳＡＰ：精硝酸ウラニル

(*)　改良型パルセータ：レグ管径　20mmφ

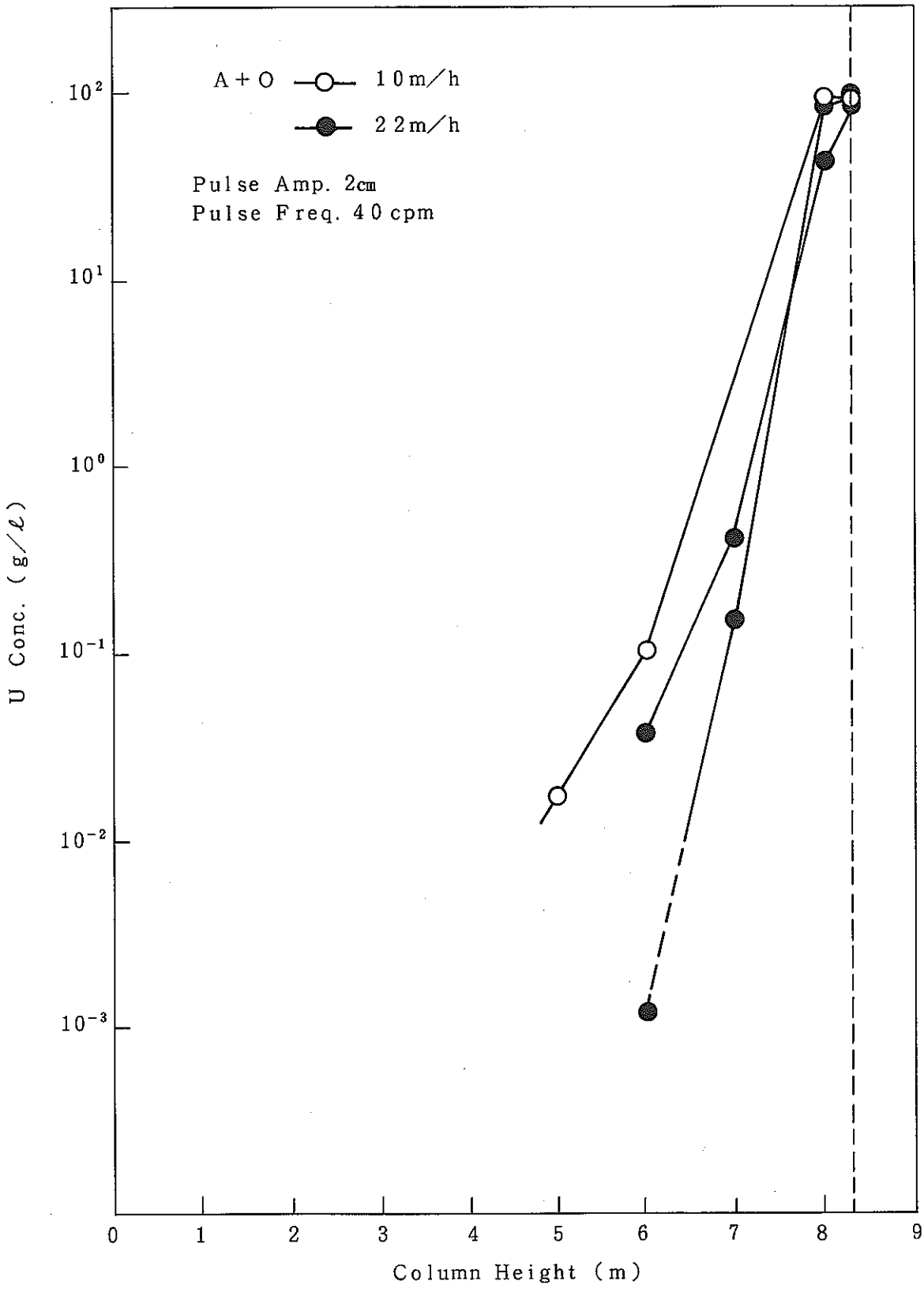


図17　抽出カラム内濃度プロフィール

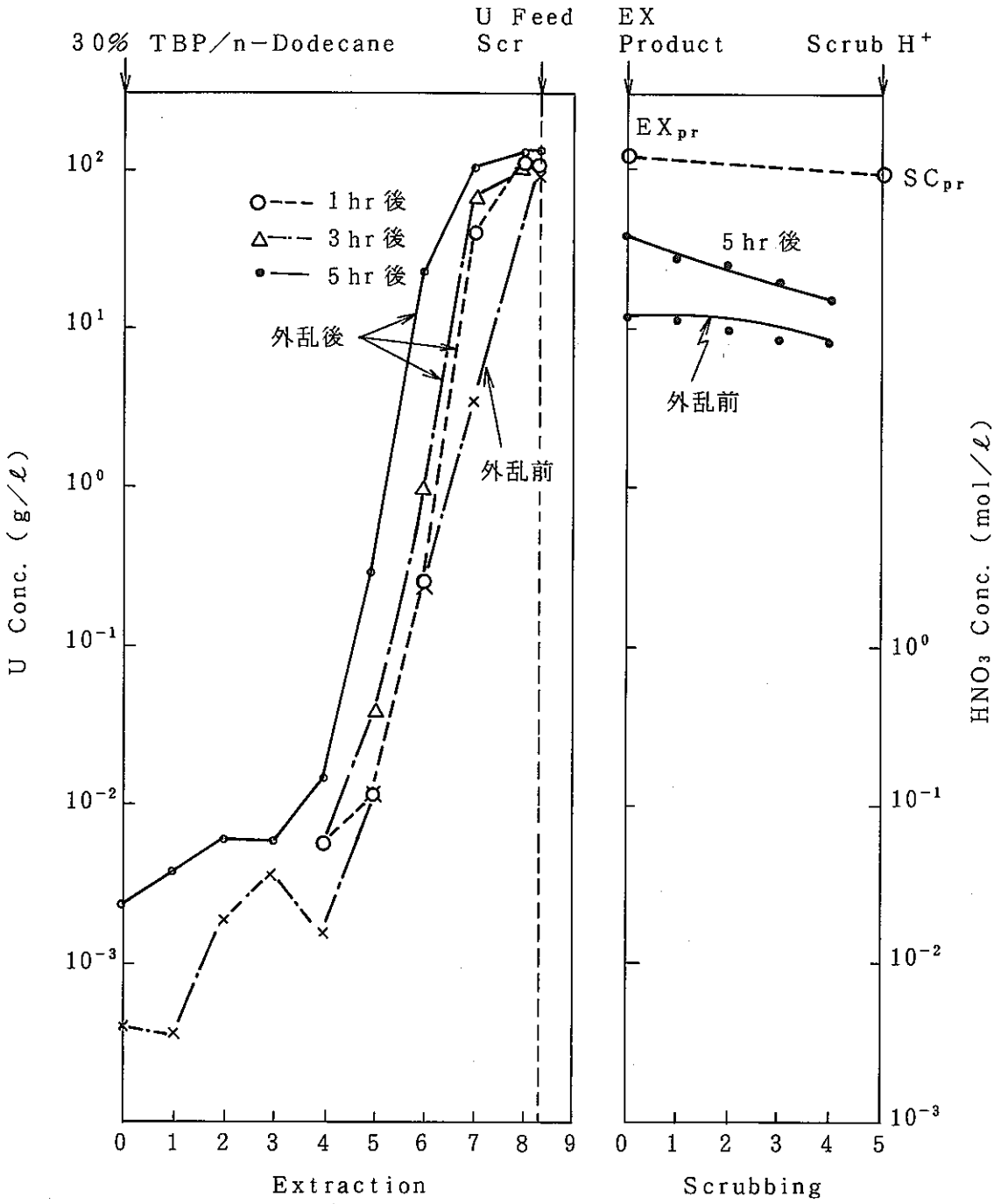


図18　外乱印加後の抽出，洗浄カラム濃度プロフィル

4.6 連続相の選定

パルスカラムの連続相の選定には，

① 物質移動の方向

② 界面クラッドの影響

③ 溶媒劣化と滞留時間

④ 逆混合の影響

⑤ エントレインメントの影響

⑥ 目皿の濡れ性の影響

等を考慮しなければならない。

1) 物質移動の方向は，一般に分散相から連続相に移動する方が好ましい。

2) 界面クラッドの影響 ── 連続相の選定により界面が上部または下部にできる事によりプロダクト側への影響が心配される。

3) 溶媒劣化と滞留時間の関係は，一般的に連続相の方がカラム内での滞留時間は長く，有機相連続とした場合，プルトニウムを負荷した溶媒のα放射線による溶媒劣化が進む。この点より水相を連続相にした方が好ましい。

4) 逆混合の影響を軽減するためには，ある程度の連続相線速を維持する必要がある。

5) エントレインメントはプロダクト水相を連続相とした場合，微細な有機相が水相中にキャリーオーバーされる。プロダクト有機相を連続相とした場合はその逆である。

6) カラム内充塡物の濡れ性が変化すると，カラム安定性及び処理能力等に影響を及ぼす。

以上の考察の様に，パルスカラムの連続相をどちらにするかについては，それぞれ長所・短所があり，R＆D成果を基に最終的に連続相を選定する必要がある。

上記要素を考慮し，洗浄カラム有機相連続，及び3塔有機相連続の試験を行い，次の様な知見を得た。

図19〜20に洗浄カラム有機相連続（SU86−10ラン）図20〜21に3塔有機相連続（SU86−12ラン）のカラム内濃度プロフィールを示す。

① 洗浄カラム有機相連続の場合

洗浄カラムの連続相として，これまで水相を選定し各種の試験を行ってきた。しかし，西独，仏などのR＆Dを見ると，連続相を有機相として実施されてきており，特に仏のSAPではホット試験においてかなり高いDFを得てきている。我々も運転方式の選択等を配慮し，今回，有機相に切り換え試験した。その結果

① 抽出カラムのウラン濃度プロフィルには，ほとんど影響を与えない。

② 洗浄カラム内の濃度プロフィルには，下部ボトムからのもどり，濃度の低下が差として生じたものの，これまで求めてきた分配特性上は，同じ非平衡カーブに乗り，同一挙動であることが判った。

よって，洗浄カラムの連続相の差による大きな変化はない。一方，洗浄カラムの運転方式については，界面が下部セトラに移ることによって容易な方式の採用を可能とする。更に，これまでの実績からすると有機相連続相が安定しており，分散特性上も有利と思われる。

② 3塔有機相連続の場合

3塔有機相連続試験を行い，特に逆抽出塔において連続相（水相，有機相連続）の違いによる優位性を把握した。その結果，

① ラフィネートのU濃度は共に約２００mg／ℓとほぼ同じ

② 理論段で3段（ミキサセトラで3段）の逆抽出操作に相当するパルスカラムの長さは共に3m

という知見を得た。

よって，ウランの逆抽出挙動に関しては連続相の違いによる有意差はないものと判断される。その結果，今後連続相の選定にあたっては，

① 界面クラッドの影響

② 目皿の濡れ性

③ 制御性（界面制御等の周辺機器との連続特性）

等を考慮する必要があると言える。

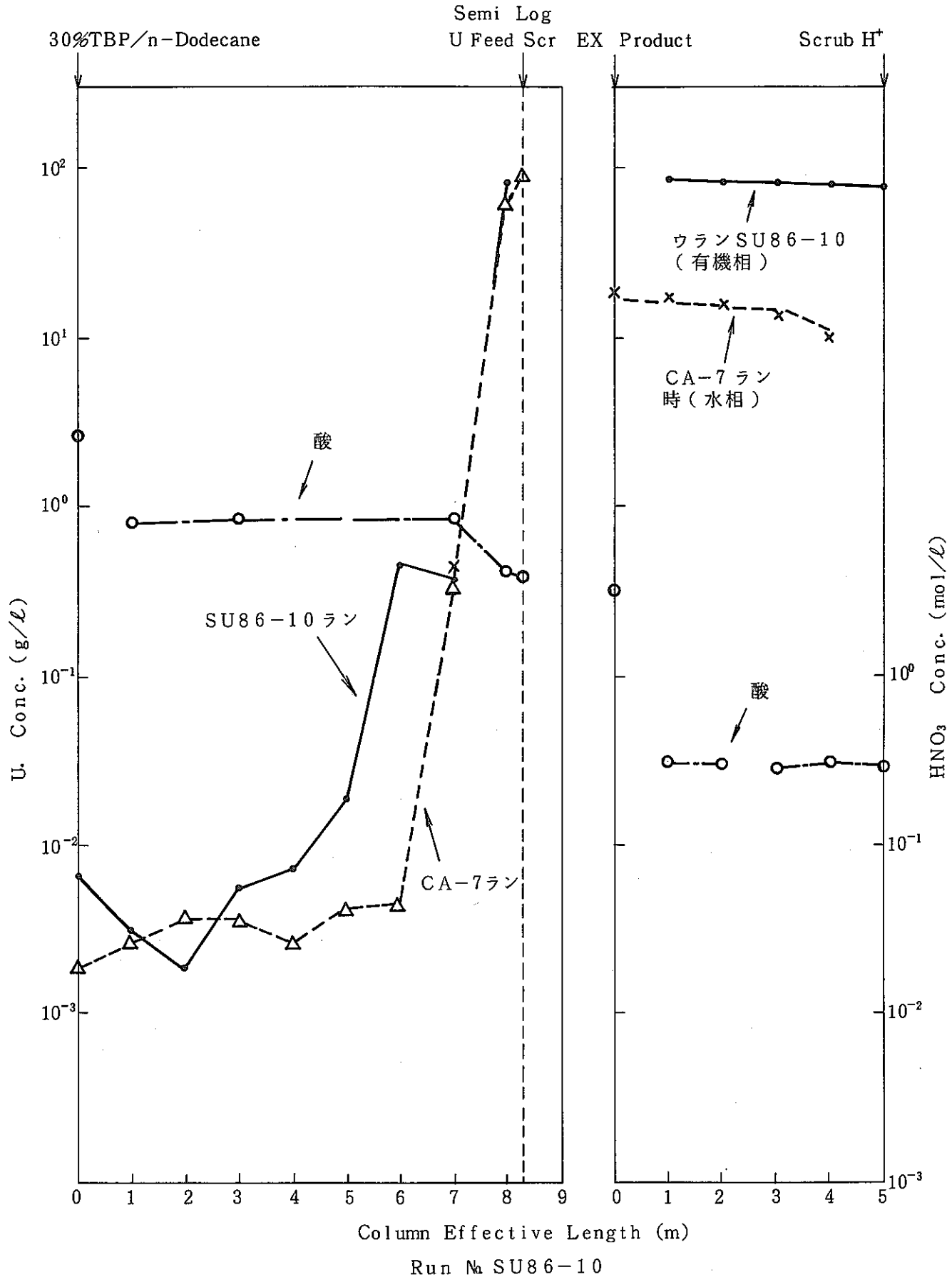
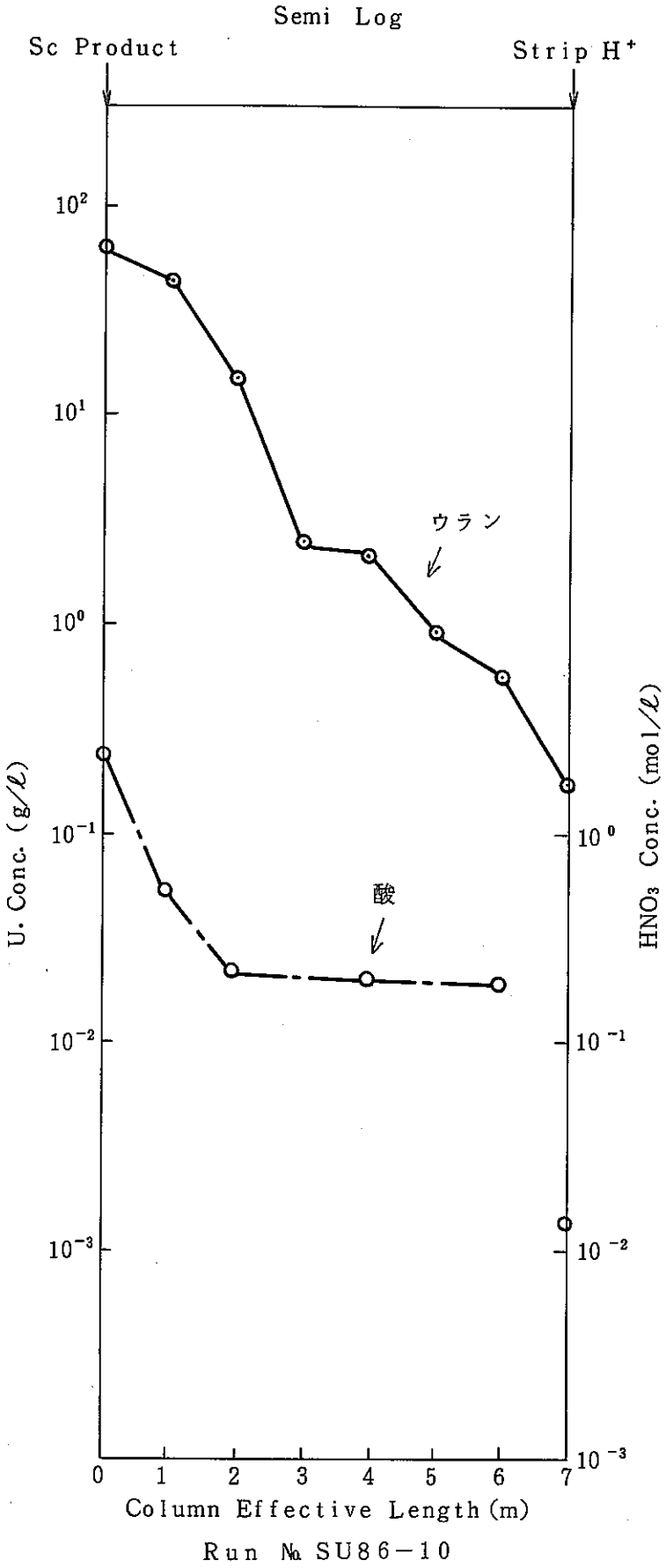


図19 抽出および洗浄カラム中の濃度プロフィル



Run № SU86−10

図２０　逆抽出カラム中の濃度プロフィル

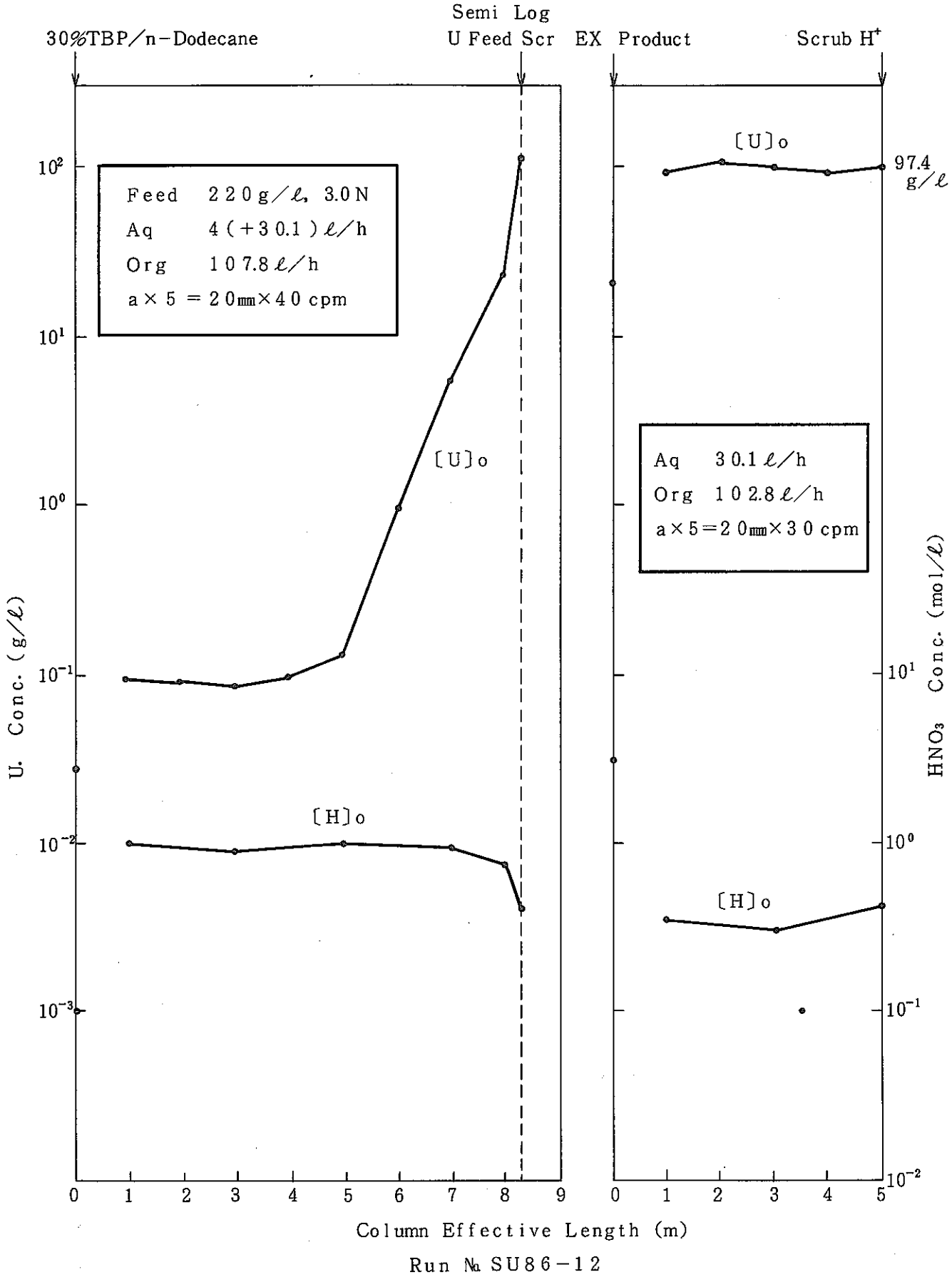
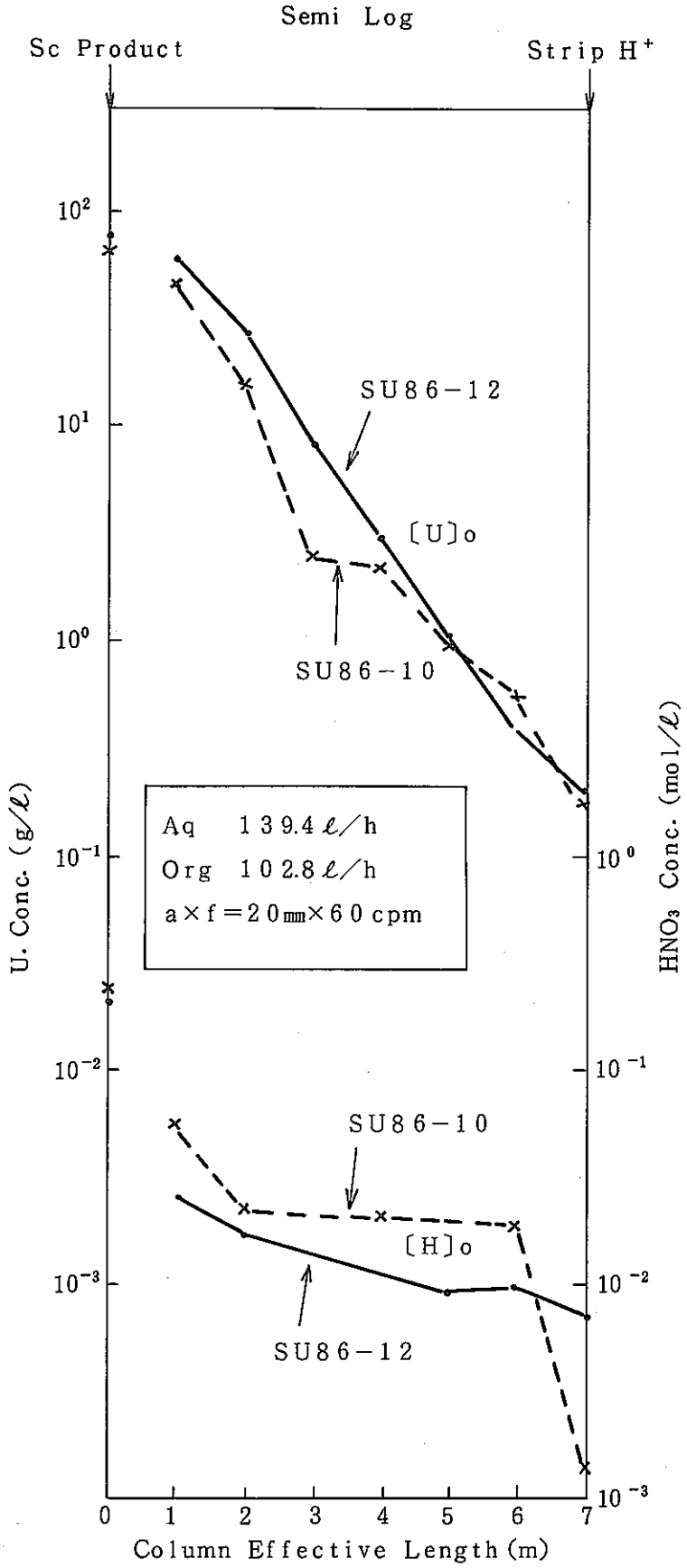


図21　抽出および洗浄カラム中の濃度プロフィル



Run No. SU86-12

図22　逆抽出カラム中の濃度プロフィル

5. 考察及び結論

以上，パルスカラム抽出器の安定操作条件について述べたが，抽出 — 洗浄カラムの操作条件を決定するためには，洗浄カラムからの取り出しウラン濃度を把握する事が重要である。

これまでの試験結果及びプルトニウムの共存を考慮すると，洗浄カラムからの取り出しウラン濃度は８５ｇ／ℓ程度が最適であると判断される。

今回，上記条件下において抽出カラム内の線速度，抽出及び洗浄カラムのパルス条件等のパラメーターの影響評価試験を行った。

その結果，抽出カラムに関してはパルスについては，大きな影響を受けない事が判った。洗浄塔についても，低パルスから高パルスにかえた結果，大きな影響は見られなかった。

又，線速度の影響については，抽出カラムの線速度を１５～２３ｍ／ｈまで増加させた結果，ＨＥＴＳとして約６０㎝を得カラムのフラッディングポイントに対し，運転可能領域として３０～６０％程度の広い範囲を有することが確認できた。

さらに，ポンプ故障等の流量変動など，取り出しウラン濃度を上昇させる方向の外乱に対しては，抽出カラムにおいて，抽出有効部としてつかわれないカラム長さが増大し，完全に肩をもった濃度プロフィールとなることがわかった。

そのためパルスカラム運転の際には，洗浄塔のプロダクト濃度及び洗浄カラムボトム中のウラン濃度を監視し，最適な安定操作条件を確保することが重要であるといえる。

参考資料

資料A　試験条件表

表16 実 験 条 件

Test Title	Run №	Ex Column						Sc Column				St Column			
		U Conc.	H^+	A	O	A/O	a×f	H^+	A	A/O	a×f	H^+	A	A/O	a×f
		g/ℓ	mol/ℓ	ℓ/hr	ℓ/hr		mm×cpm	mol/ℓ	ℓ/hr		mm×cpm	mol/ℓ	ℓ/hr		mm×cpm
線速の影響	UR−1	197	3.02	30	72	0.58	20×40	3.02	12	0.17	20×40	0.02	96	1.33	20×40
	UR−4	206.5	2.98	23	55	0.54	20×40	2.98	6.8	0.12	20×30	0.02	105	1.91	20×60
	DZ84−4	201.6	3.01	28.9	64.5	0.62	20×40	3.01	11.2	0.17	20×40	0.02	97.6	1.51	20×40
	DZ−85−3CII	200.2	3.0	21.5	53.2	0.69	20×60	3.0	15.3	0.29	15×40	0.02	102.1	1.92	20×60
	CA−6	223	3.0	41.6	103.4	0.62	20×40	3.0	22.4	0.22	20×30	0.02	141.7	1.37	20×60
	CA−7	219	3.0	37.8	104.6	0.70	20×40	3.0	34.9	0.33	20×30	0.02	143.3	1.37	20×60

表17 実験条件

Test Title	Run No.	Ex Column						Sc Column				St Column			
		U Conc.	H^+	A	O	A/O	a×f	H^+	A	A/O	a×f	H^+	A	A/O	a×f
		g/ℓ	mol/ℓ	ℓ/hr	ℓ/hr		mm×cpm	mol/ℓ	ℓ/hr		mm×cpm	mol/ℓ	ℓ/hr		mm×cpm
抽出塔パルス条件の影響	SU86-1A	212	3.0	46.3	125.1	0.63	20×40	3.0	33.1	0.26	20×30	0.02	155.1	1.23	20×60
	SU86-1B	212	3.0	46.3	125.1	0.63	20×60	3.0	33.1	0.26	20×30	0.02	155.1	1.23	20×60

表18 実 験 条 件

Test Title	Run No.	Ex Column						Sc Column				St Column			
		U Conc.	H^+	A	O	A/O	a×f	H^+	A	A/O	a×f	H^+	A	A/O	a×f
		g/ℓ	mol/ℓ	ℓ/hr	ℓ/hr		mm×cpm	mol/ℓ	ℓ/hr		mm×cpm	mol/ℓ	ℓ/hr		mm×cpm
洗浄塔パルス条件の影響	SU86-2	212	3.0	41.2	119.0	0.64	20×30	3.0	34.8	0.29	20×30	0.02	183.2	1.54	20×60
	SU86-3	212	3.0	41.2	118	0.65	20×40	3.0	35.5	0.3	20×40	0.02	159.1	1.35	20×60
	SU86-4	212	3.0	41.2	119	0.63	20×40	3.0	33.8	0.28	20×60	0.02	157.9	1.33	20×60

表19　実 験 条 件

Test Title	Run No.	Ex Column						Sc Column				St Column			
		U Conc.	H^+	A	O	A/O	a×f	H^+	A	A/O	a×f	H^+	A	A/O	a×f
		g/ℓ	mol/ℓ	ℓ/hr	ℓ/hr		mm×cpm	mol/ℓ	ℓ/hr		mm×cpm	mol/ℓ	ℓ/hr		mm×cpm
外乱の影響	SU86-9	262	3.0	21.2	49.5	0.79	20×40	3.0	17.8	0.36	20×30	0.02	81.8	1.65	20×60

表20　実　験　条　件

Test Title	Run No.	Ex Column						Sc Column				St Column			
		U Conc.	H^+	A	O	A/O	a×f	H^+	A	A/O	a×f	H^+	A	A/O	a×f
		g/ℓ	mol/ℓ	ℓ/hr	ℓ/hr		mm×cpm	mol/ℓ	ℓ/hr		mm×cpm	mol/ℓ	ℓ/hr		mm×cpm
連続相の選定	SU86-10	212	3.0	41.2	102.8	0.7	20×40	30.9	30.9	0.3	20×30	0.02	134.9	1.31	20×60
	SU86-12	220	3.0	45	102.8	0.75	20×40	30.1	30.1	0.29	20×30	0.02	139.4	1.36	20×60

資料B　ウラン物質収支

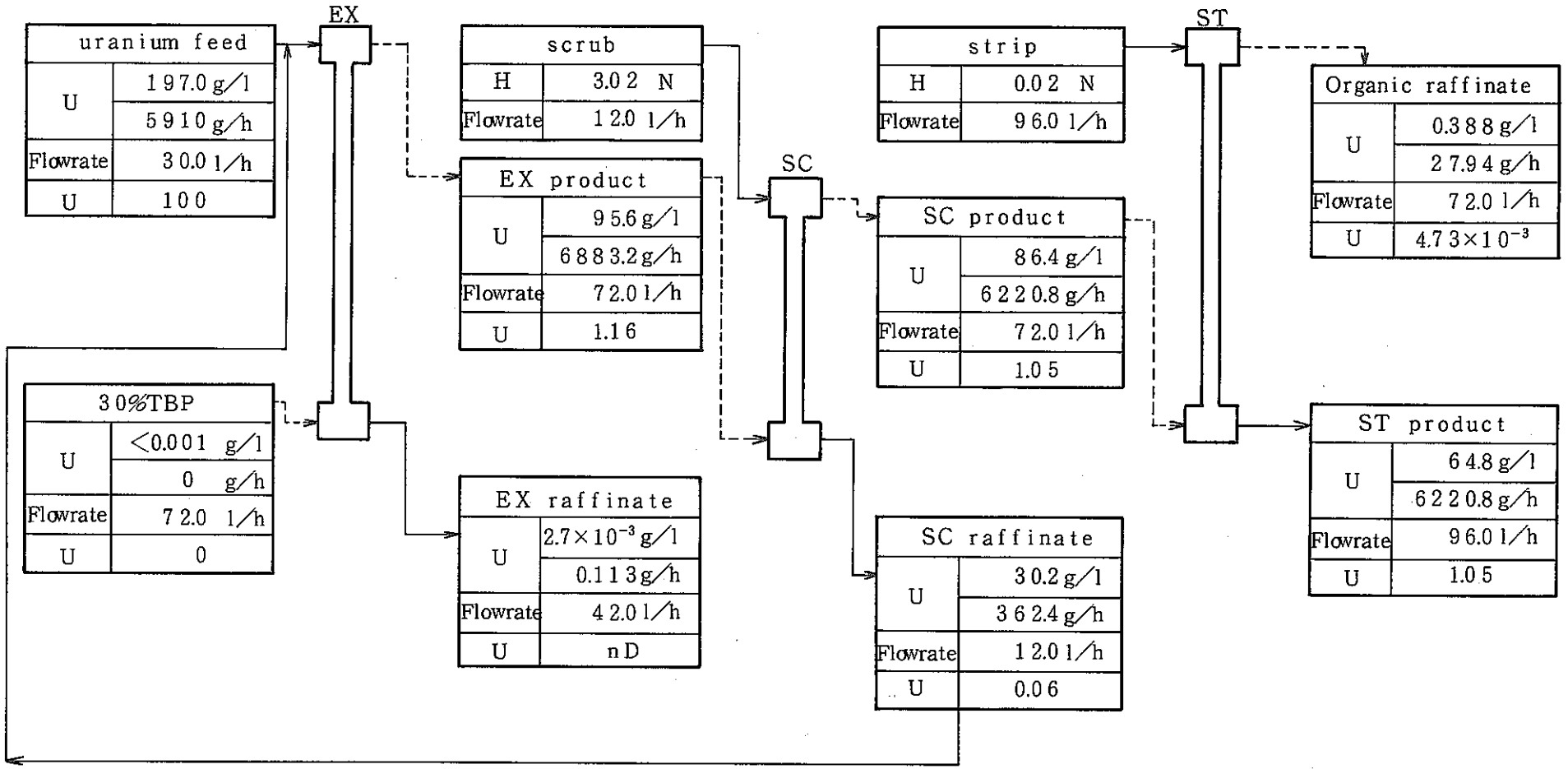


図23 マスバランス(Run. №UR－1 , 8 hr after uranium feed start)

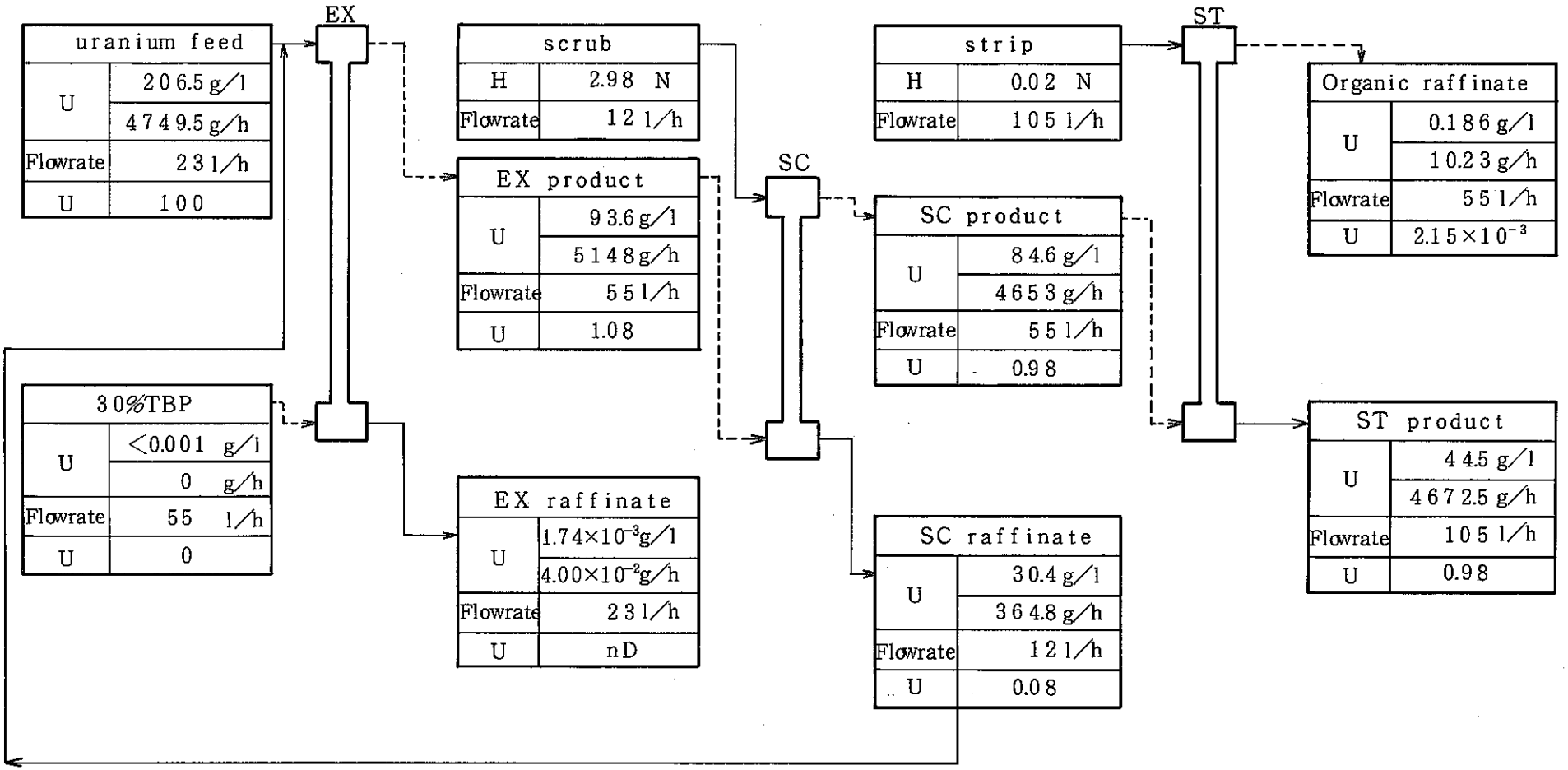


図24 マスバランス(Run. №UR－4 , 8 hr after uranium feed start)

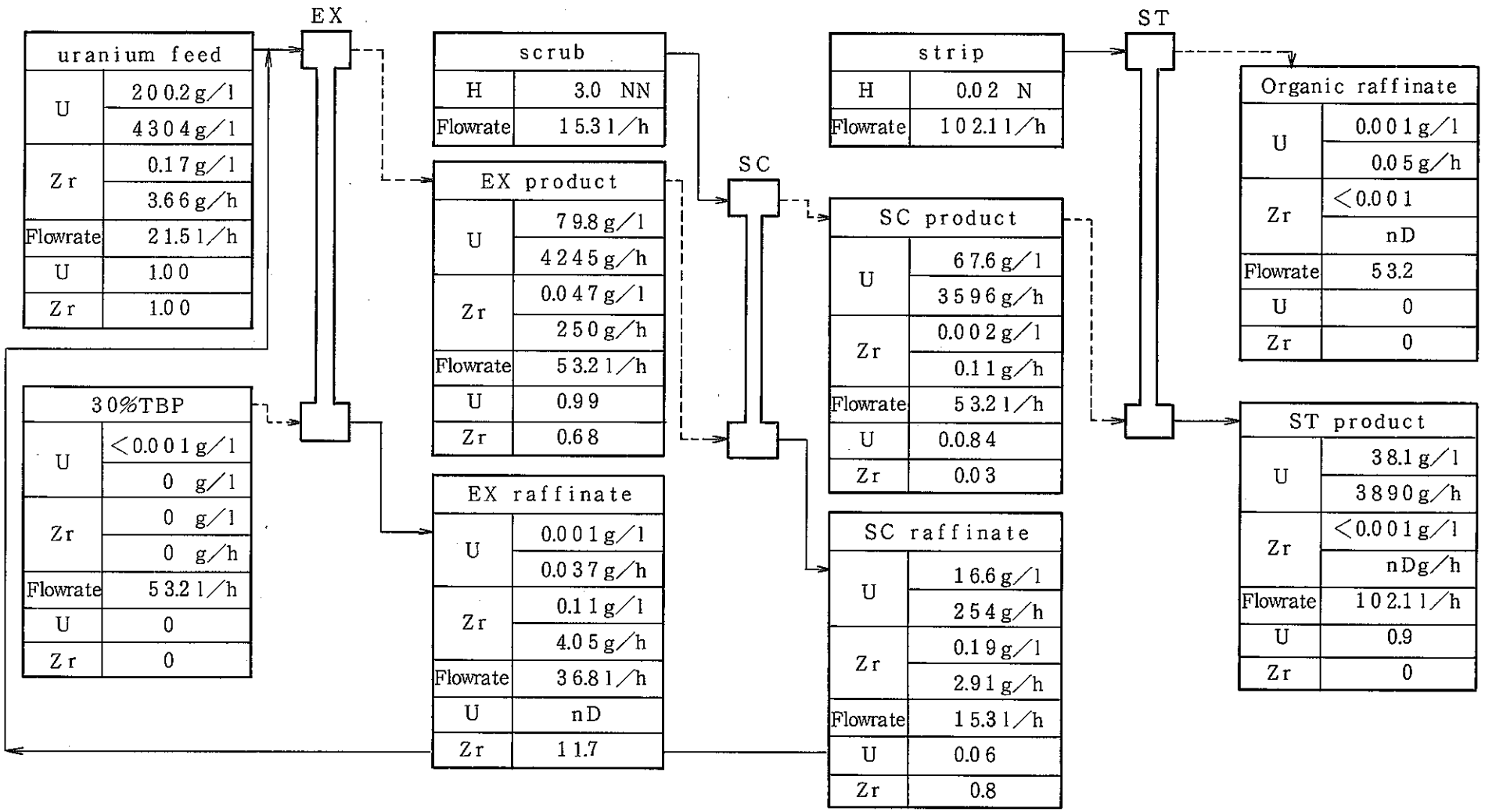


図25 マスバランス（Run. №DZ85−3CⅡ, 8hr after uranlum feed start）

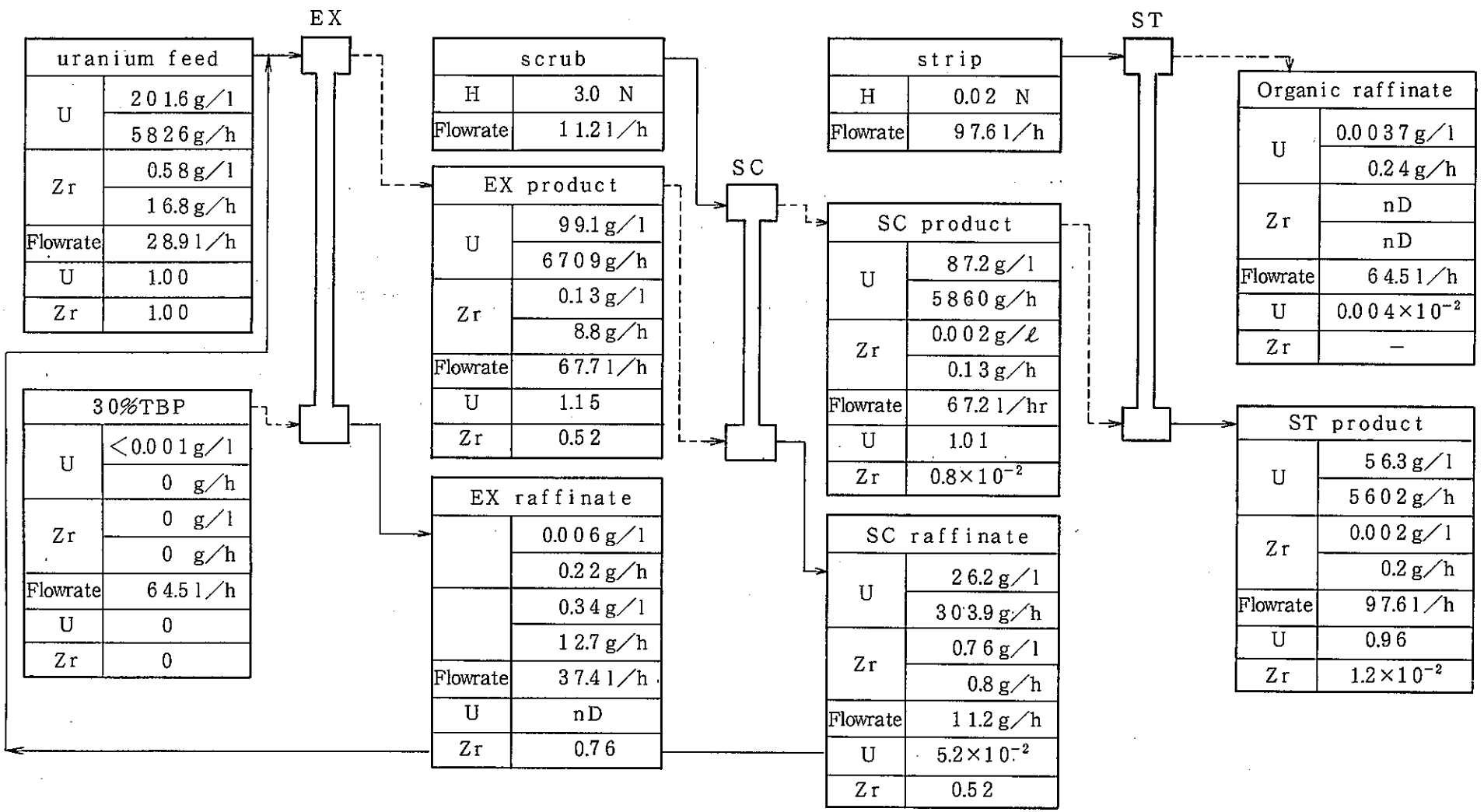


図26 マスバランス（Run.№DZ84−4, 11hr after uranlum feed start）

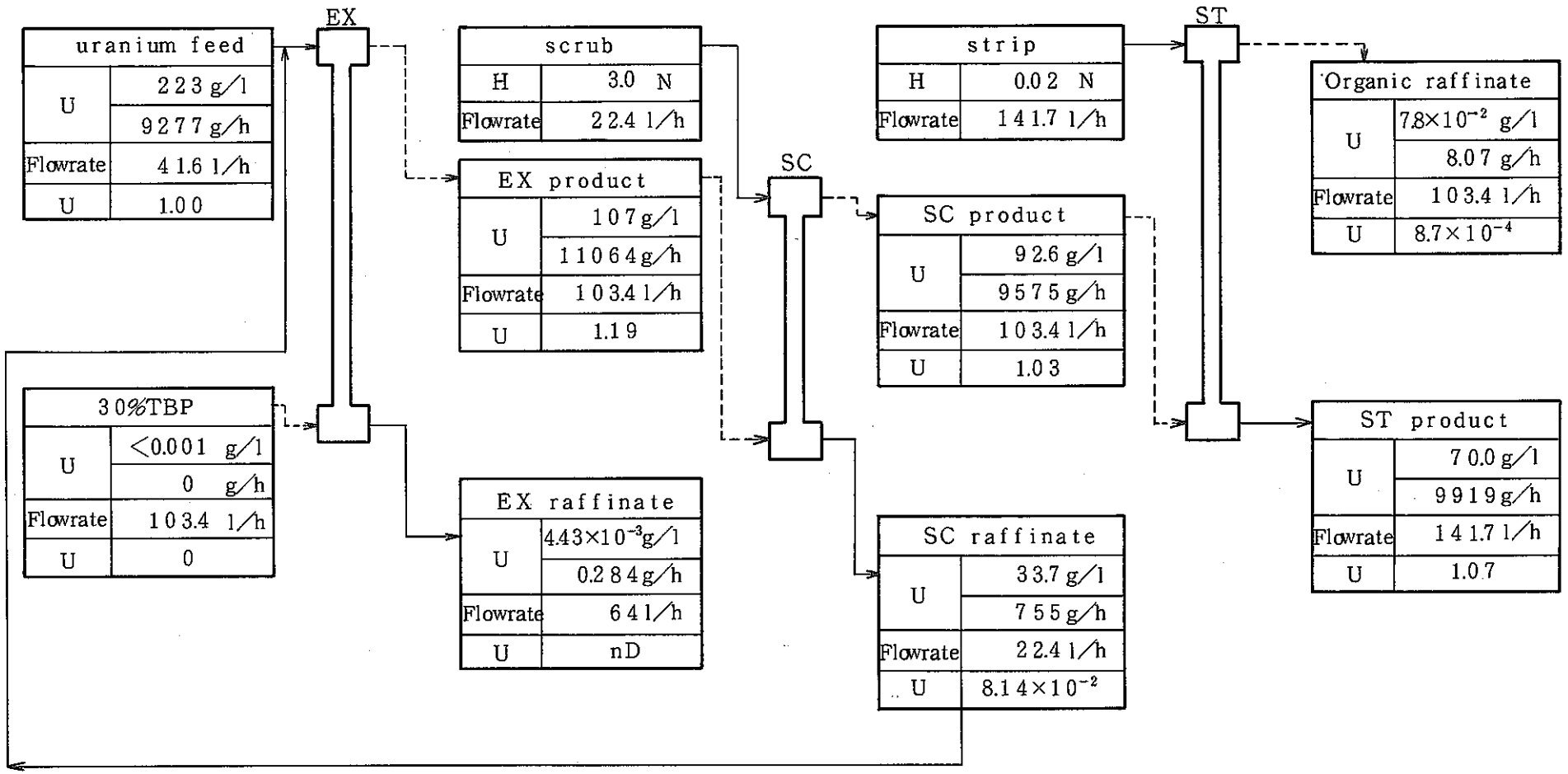


図27 マスバランス(Run. №CA－6 , 8 hr after uranium feed start)

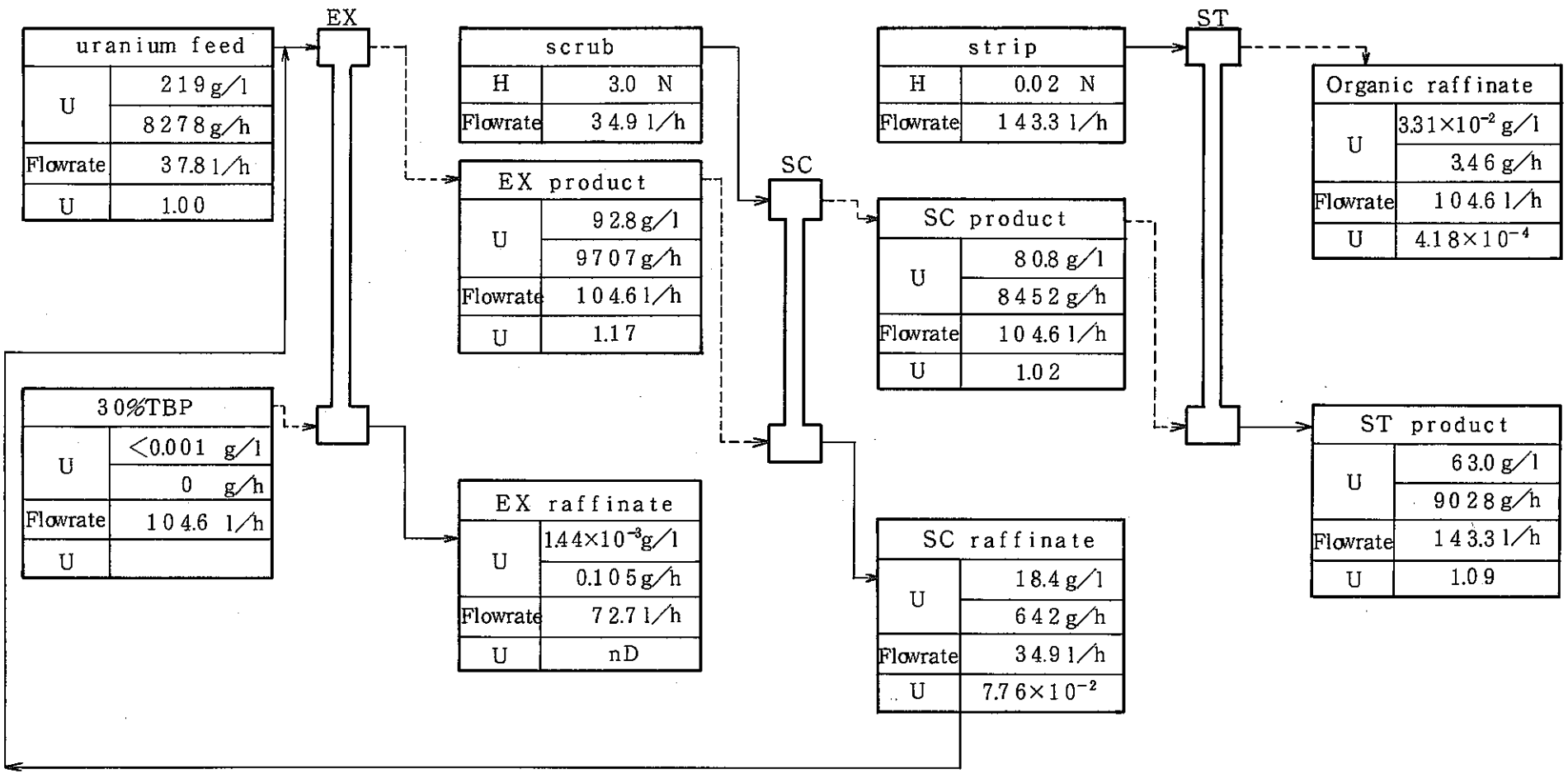


図28 マスバランス(Run. №CA−7 , 7.5hr after uranium feed start)

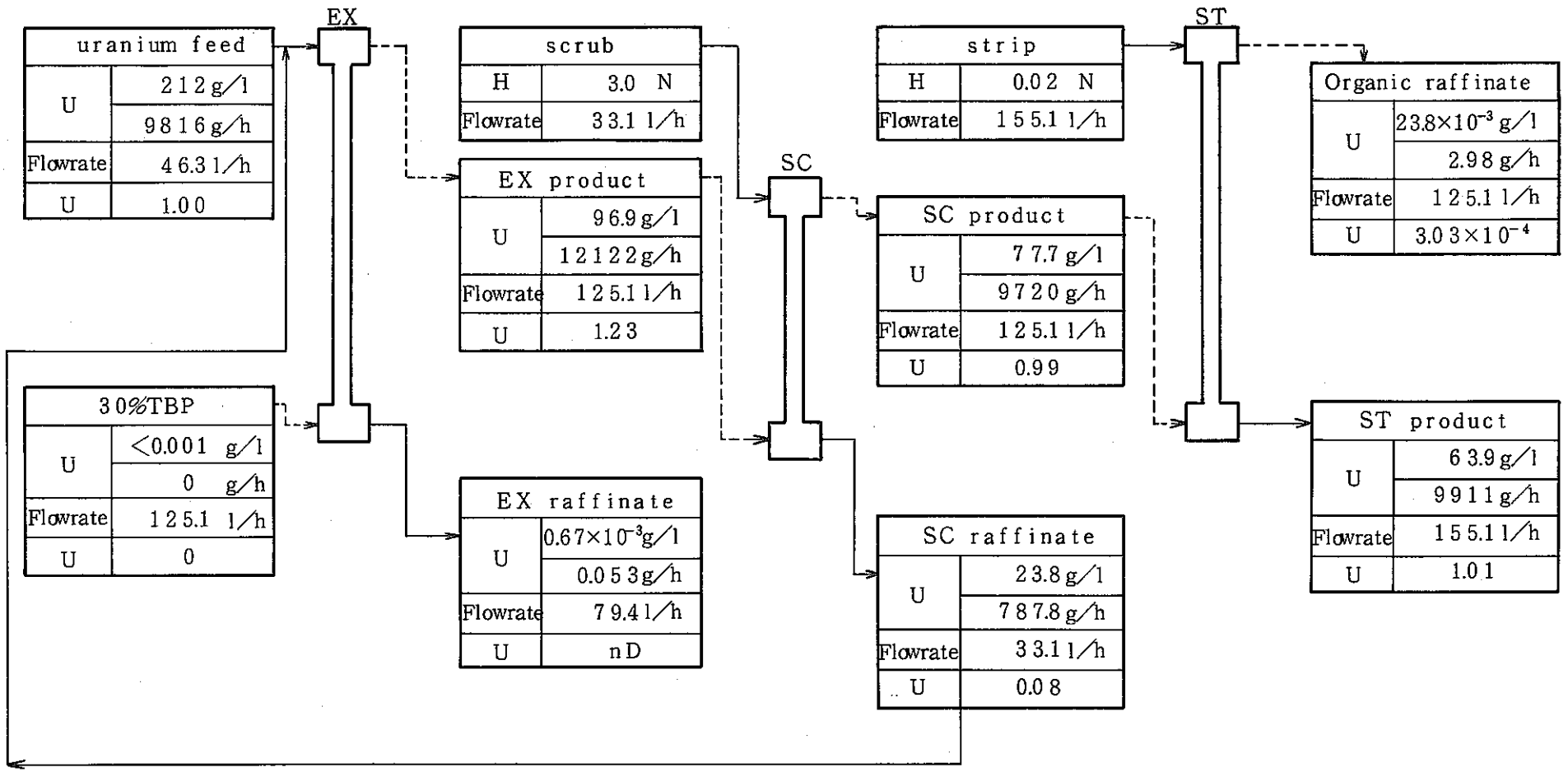


図29 マスバランス(Run. No SU86-1A, 3 hr after uranium feed start)

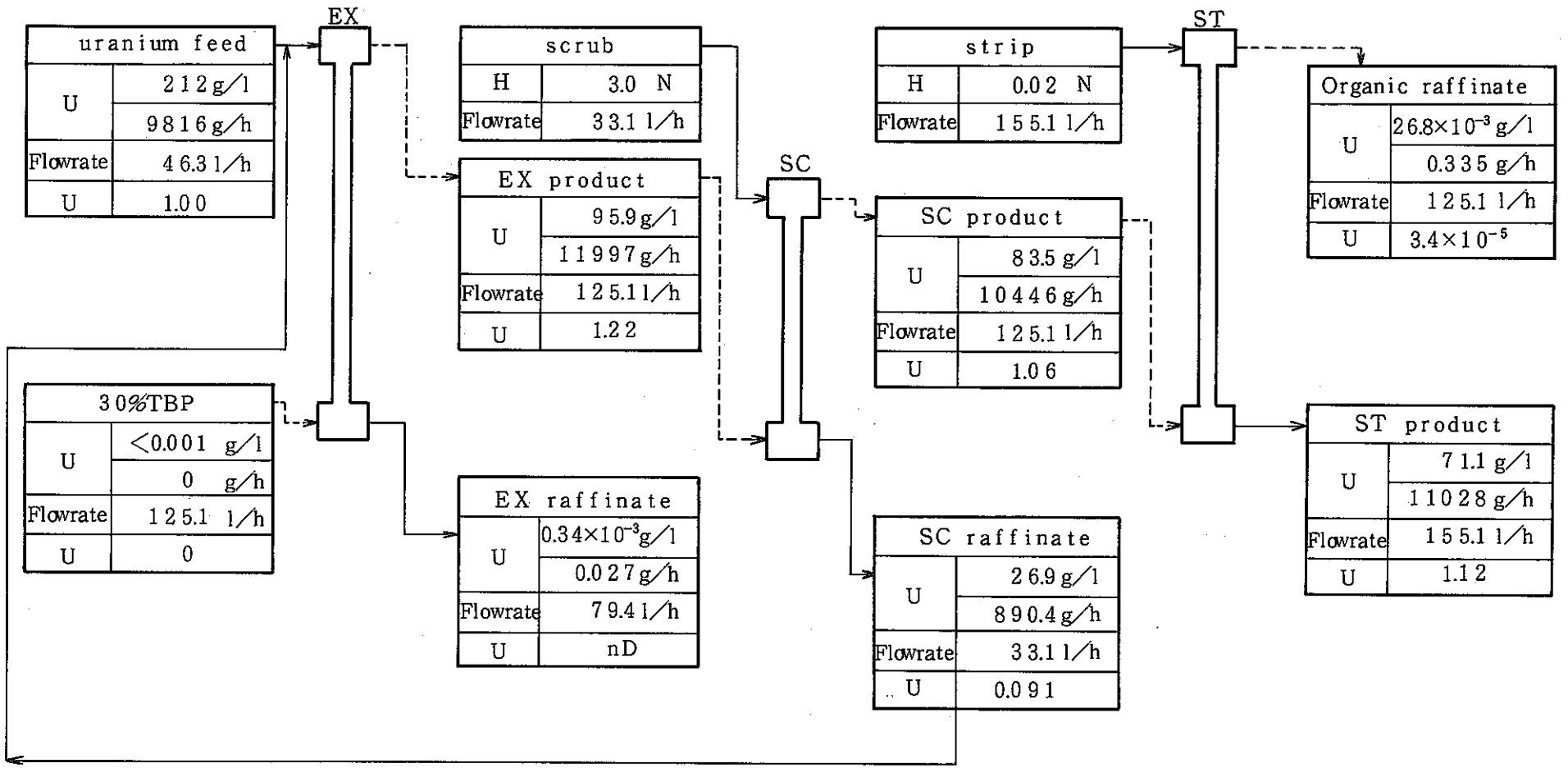


図30 マスバランス(Run. No. SU-86-1B, 3hr after uranium feed start)

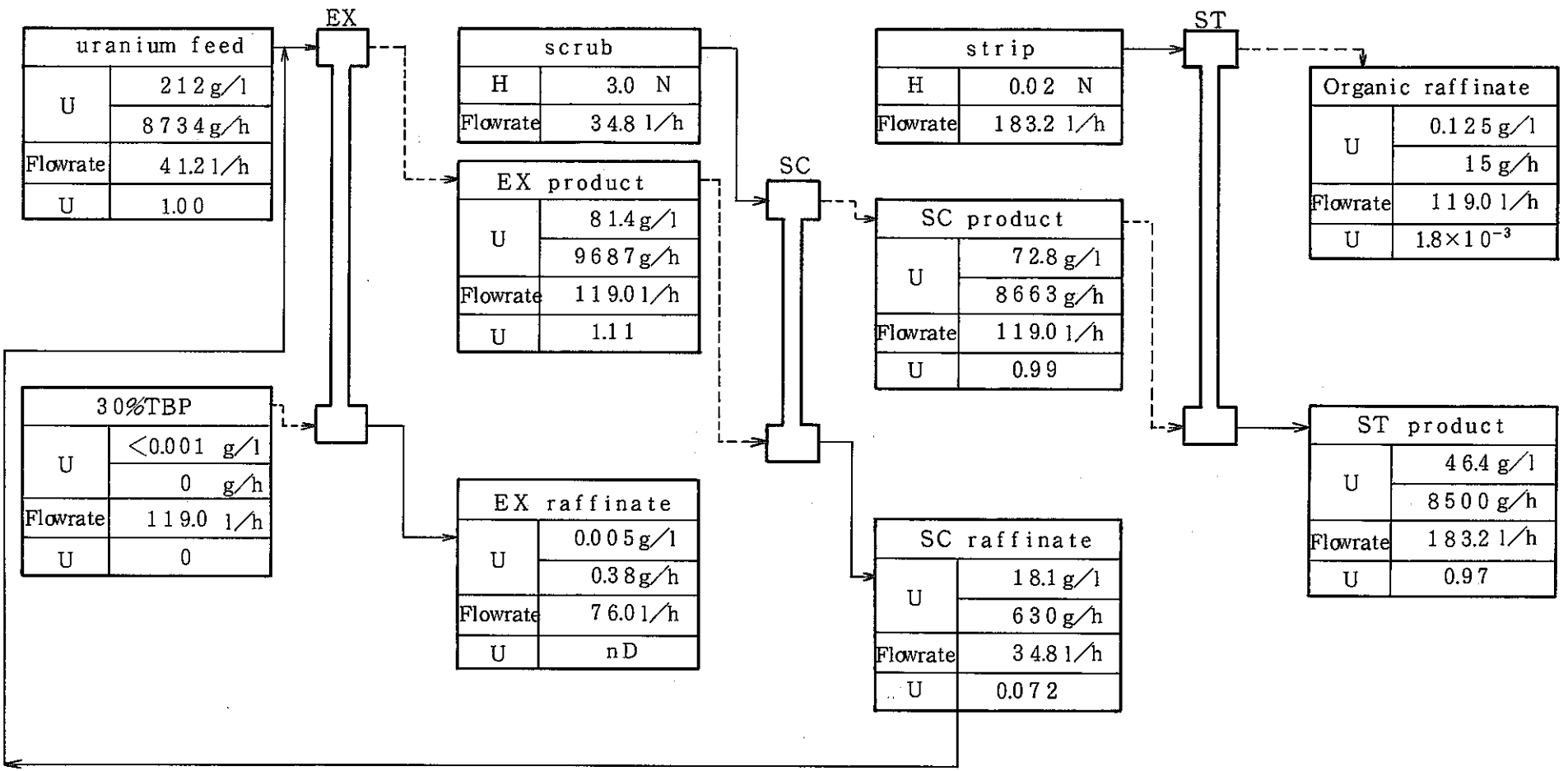


図31 マスバランス(Run. No SU86-2, 3 hr after uranium feed start)

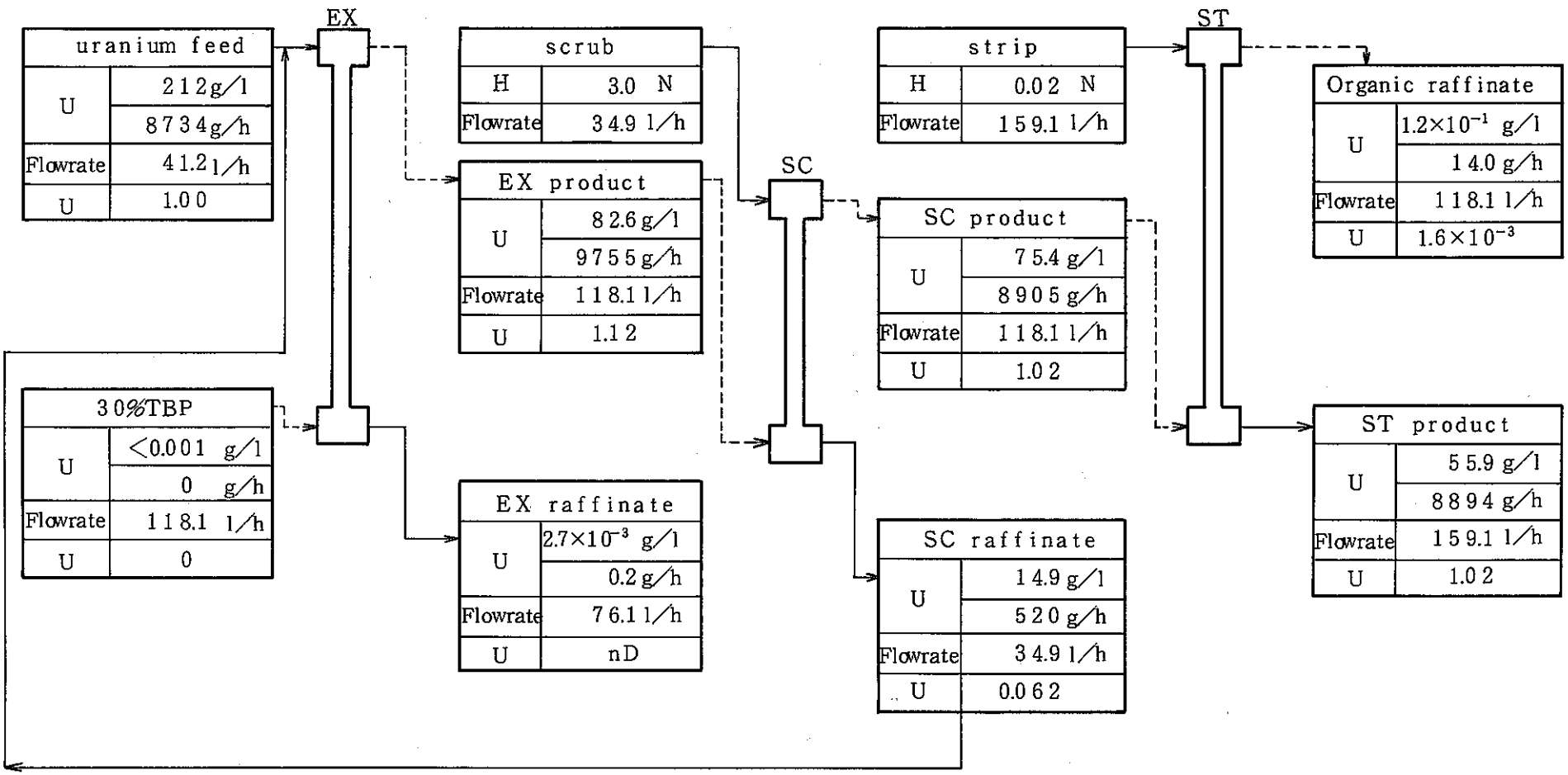


図32 マスバランス(Run. №SU−86−3, 4 hr after uranium feed start)

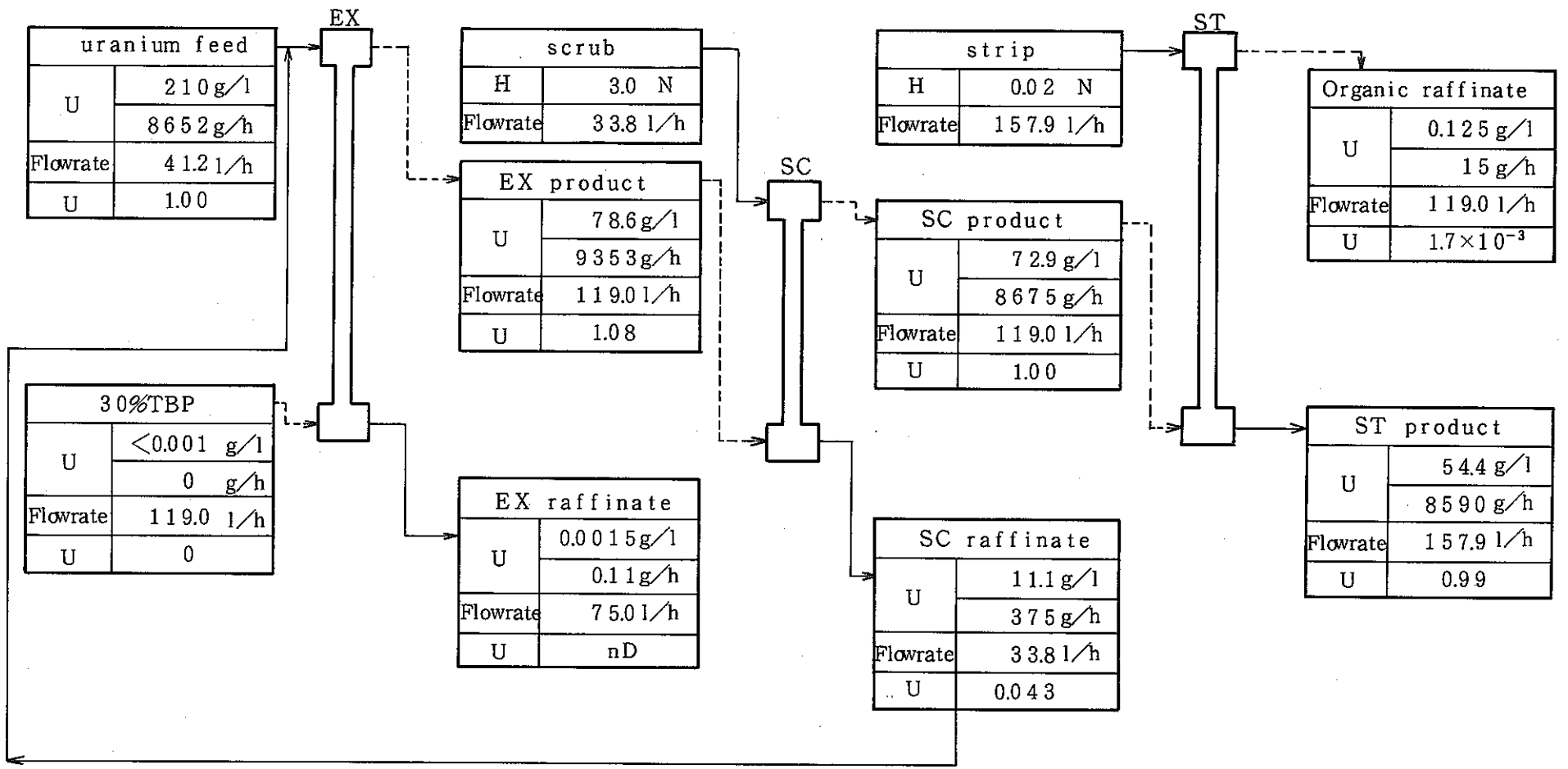


図33 マスバランス(Run. № SU86-4, 4 hr after uranium feed start)

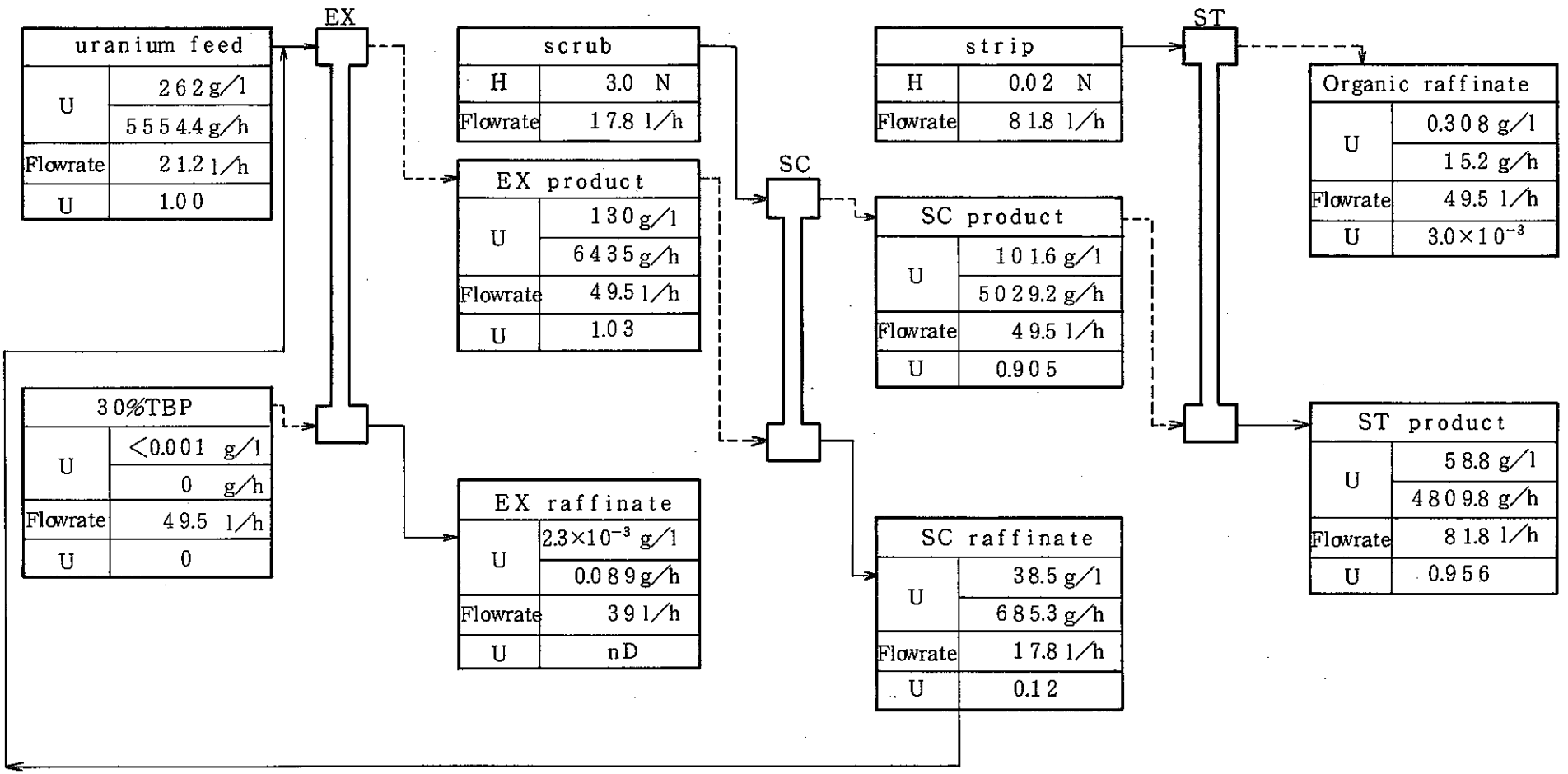


図34 マスバランス(Run. № SU86-9, 5hr after uranium feed start)

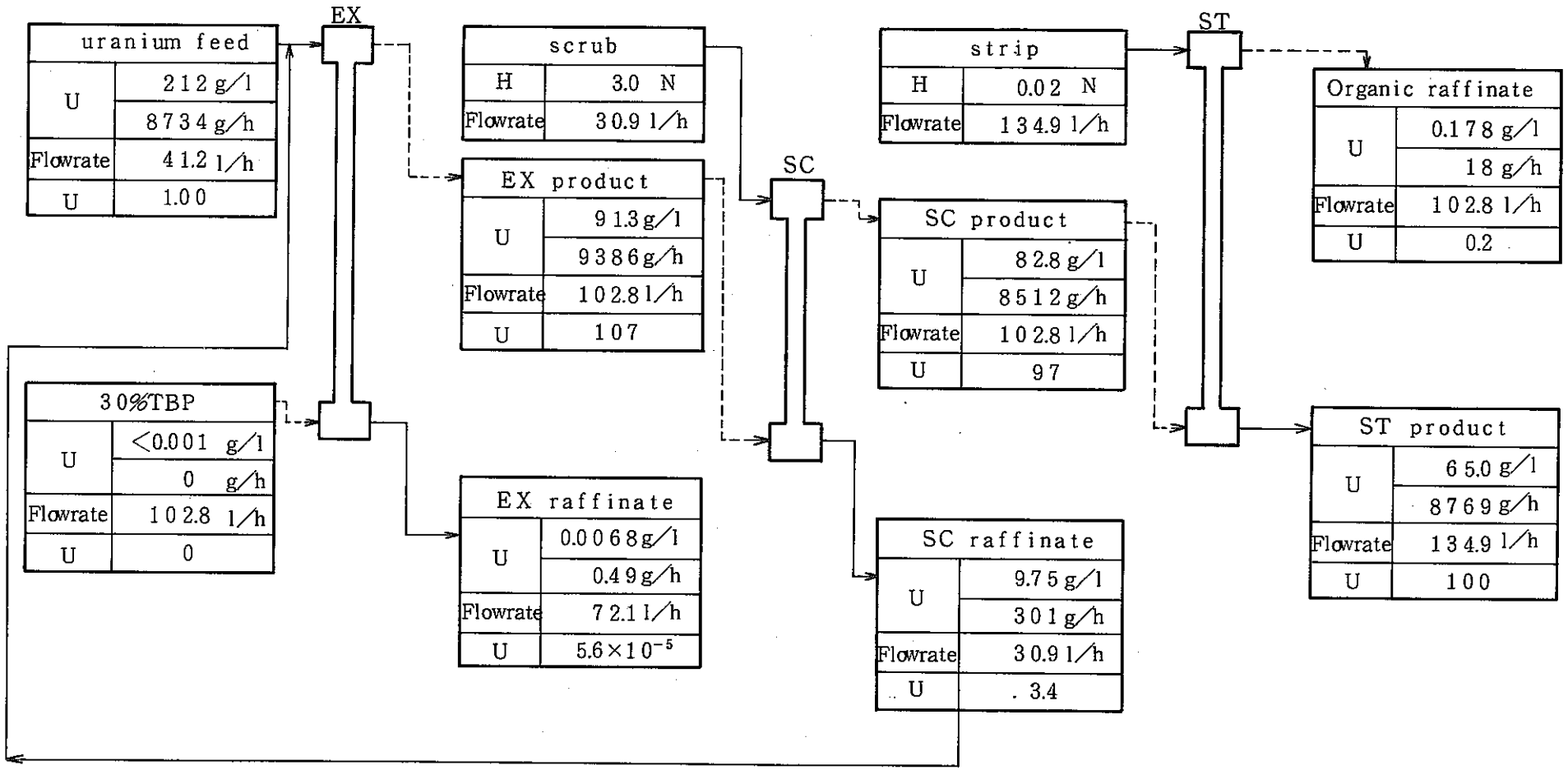


図35 マスバランス(Run. № SU−86−10, 4hr after uranium feed start)

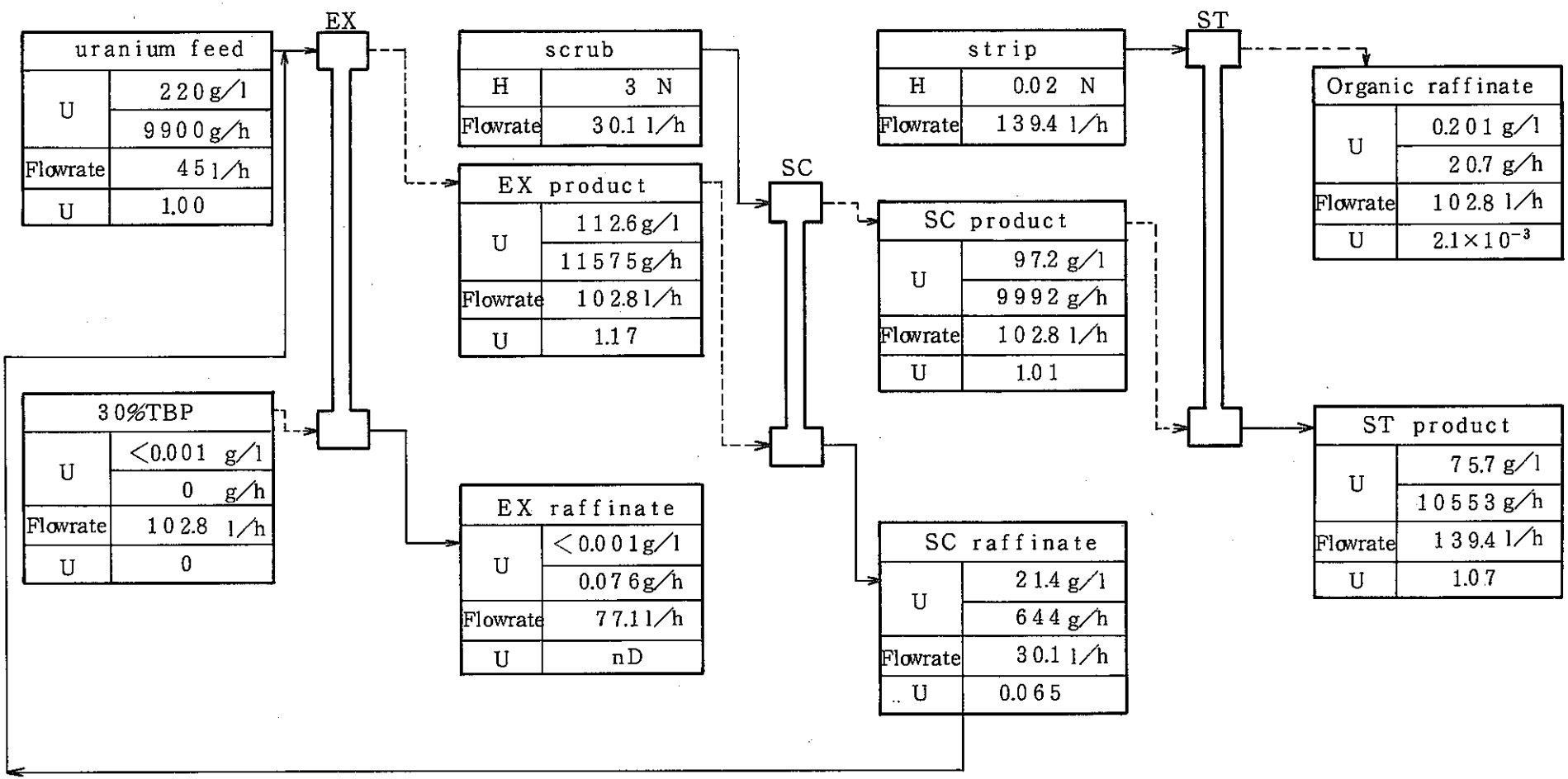


図36 マスバランス(Run. № SU86-12, 4.5hr after uranium feed start)

資料C　カラム内濃度プロフィール

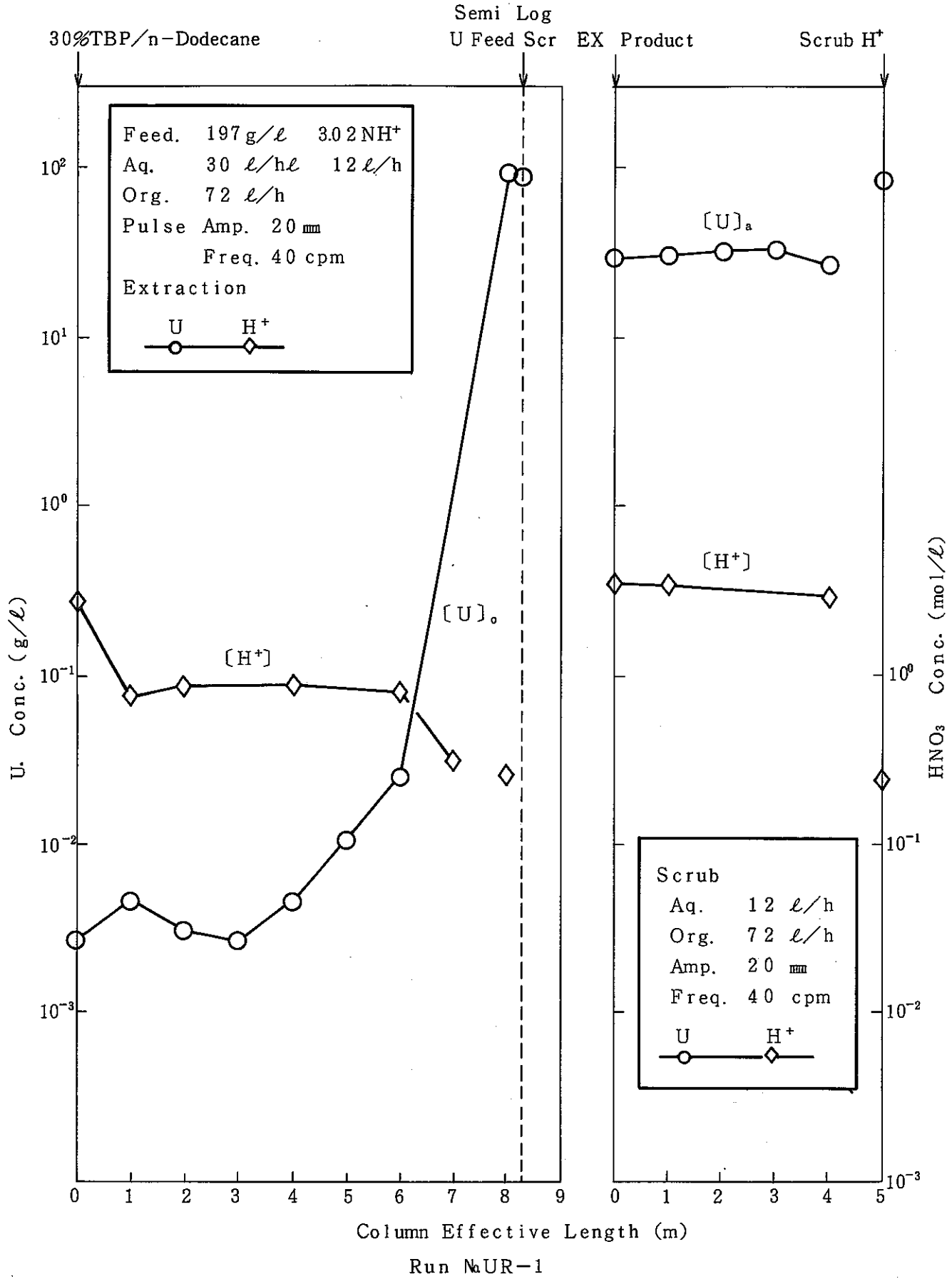
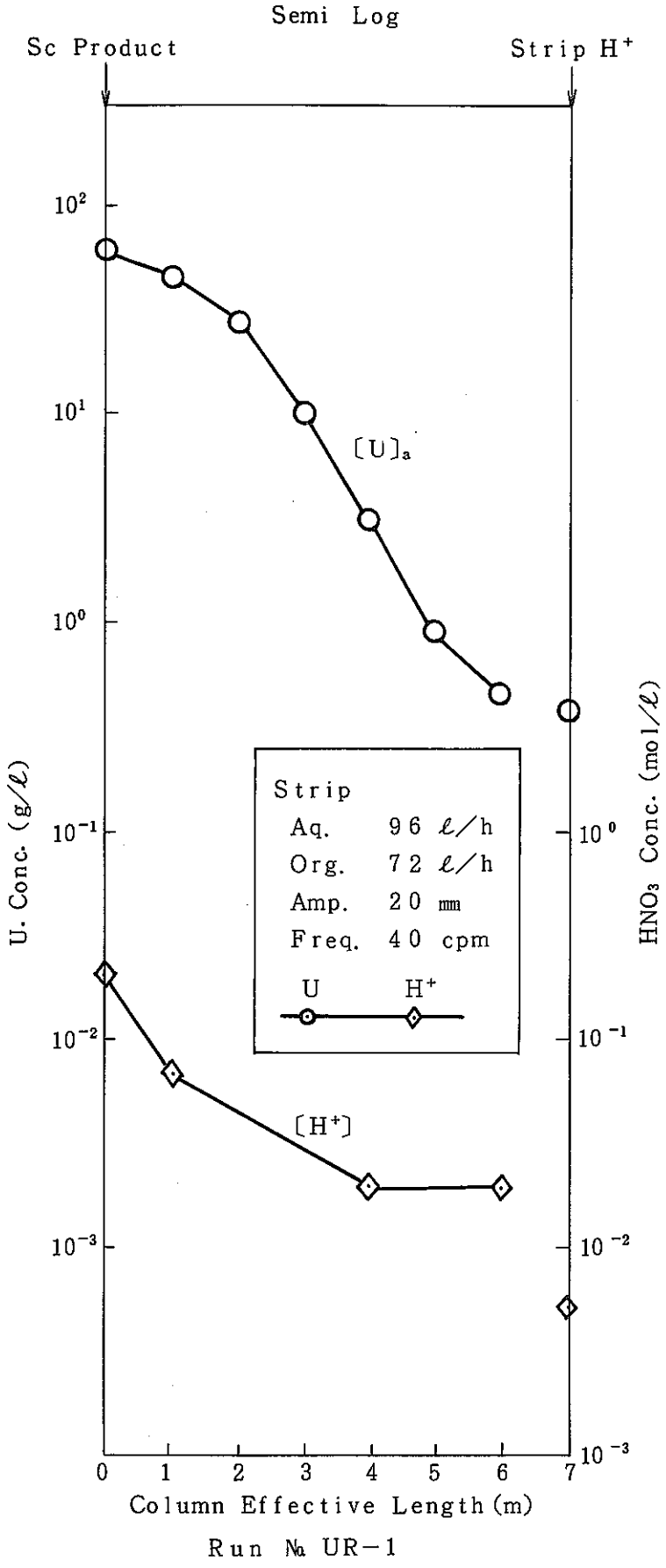


図37 抽出および洗浄カラム中の濃度プロフィル



Run № UR−1

図38 逆抽出カラム中の濃度プロフィル

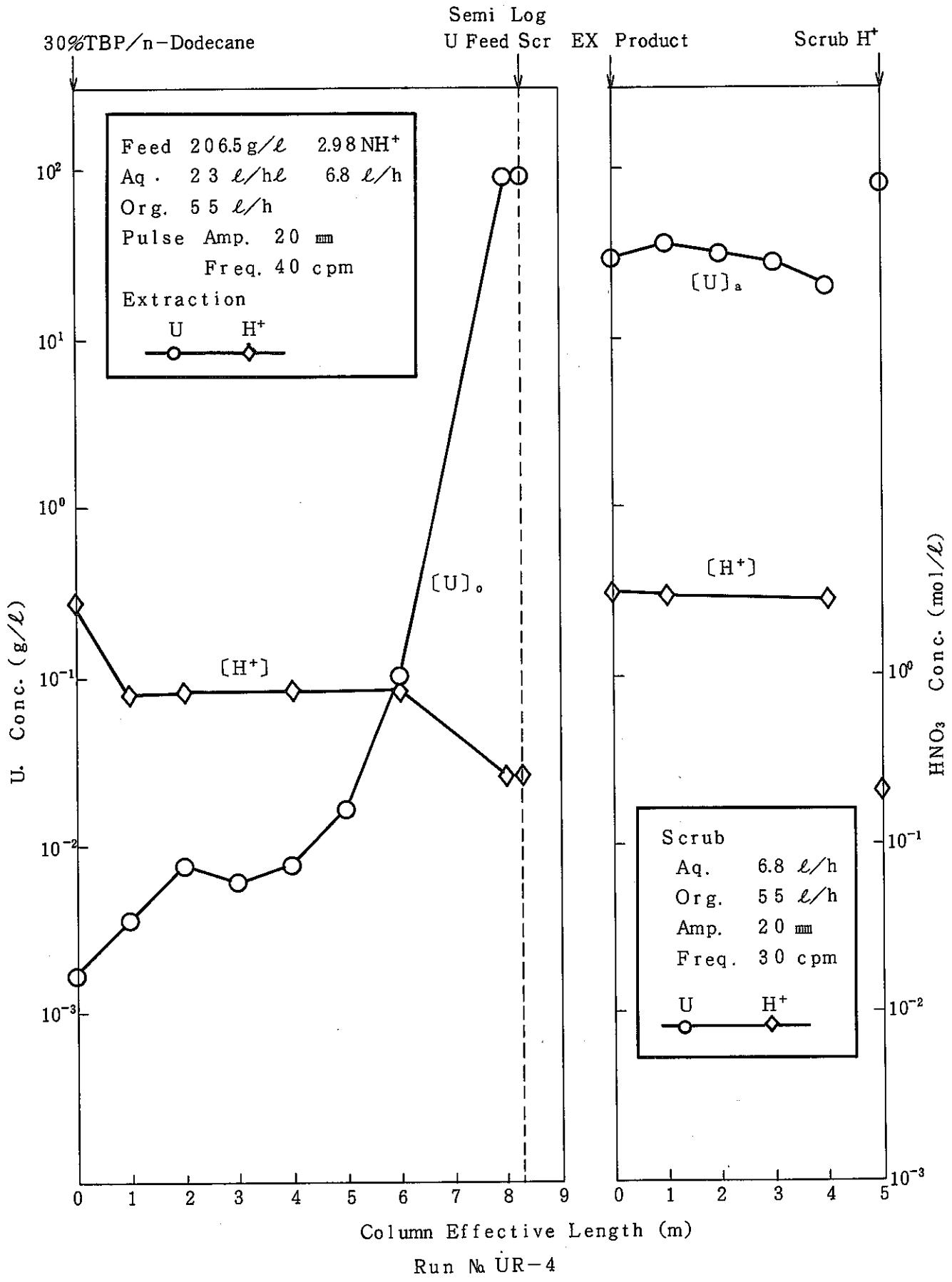
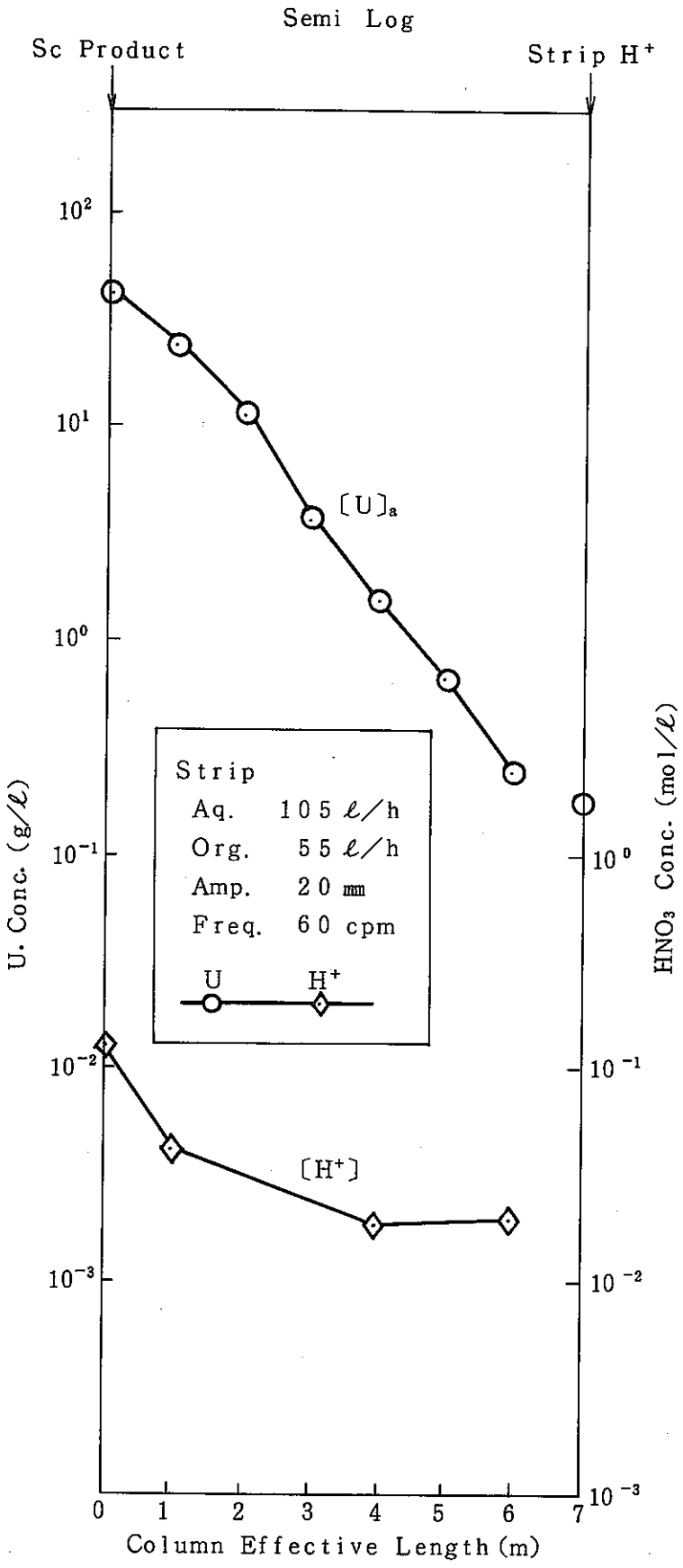


図39 抽出および洗浄カラム中の濃度プロフィル



Run No. UR−4

図40　逆抽出カラム中の濃度プロフィル

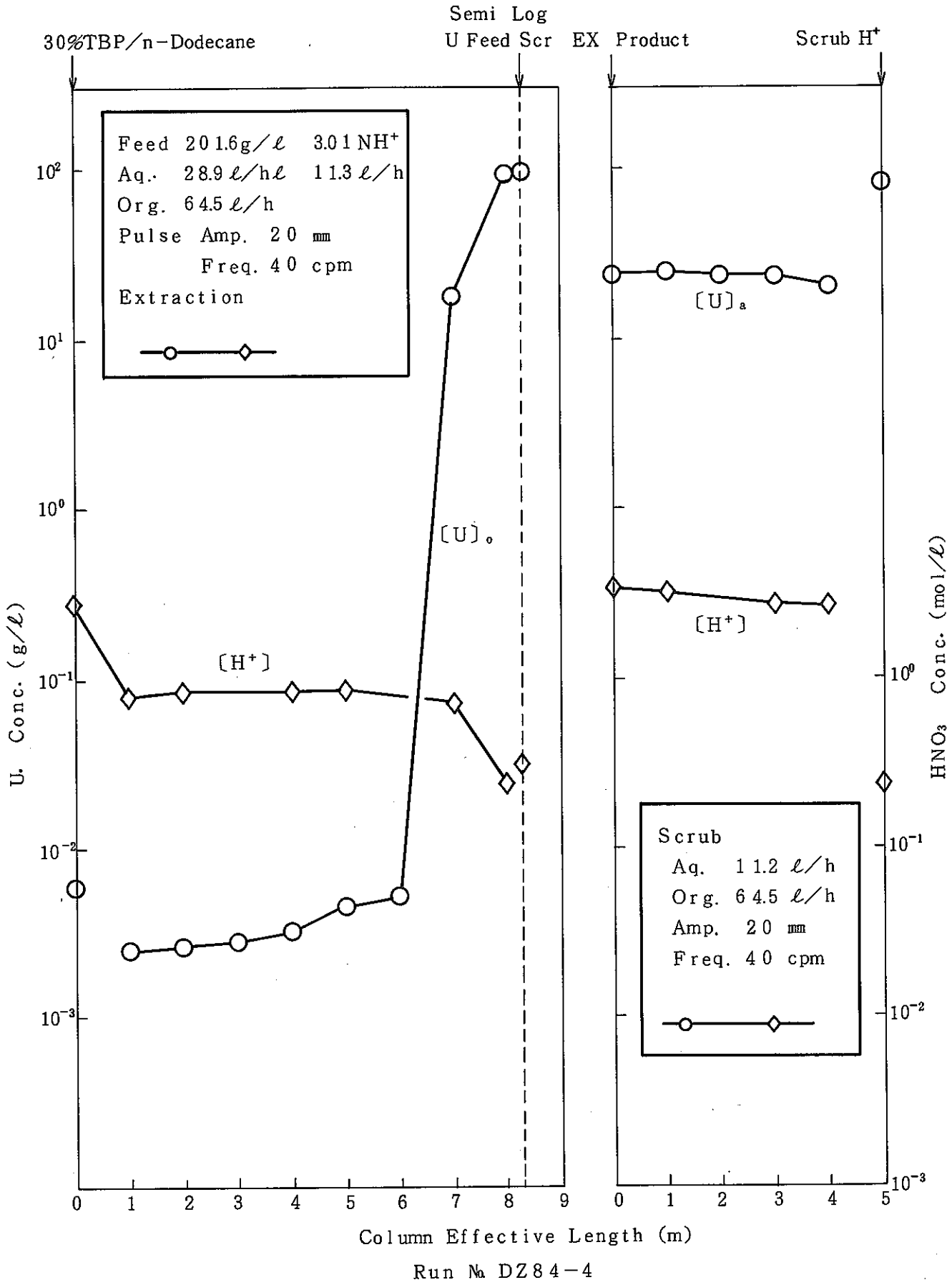
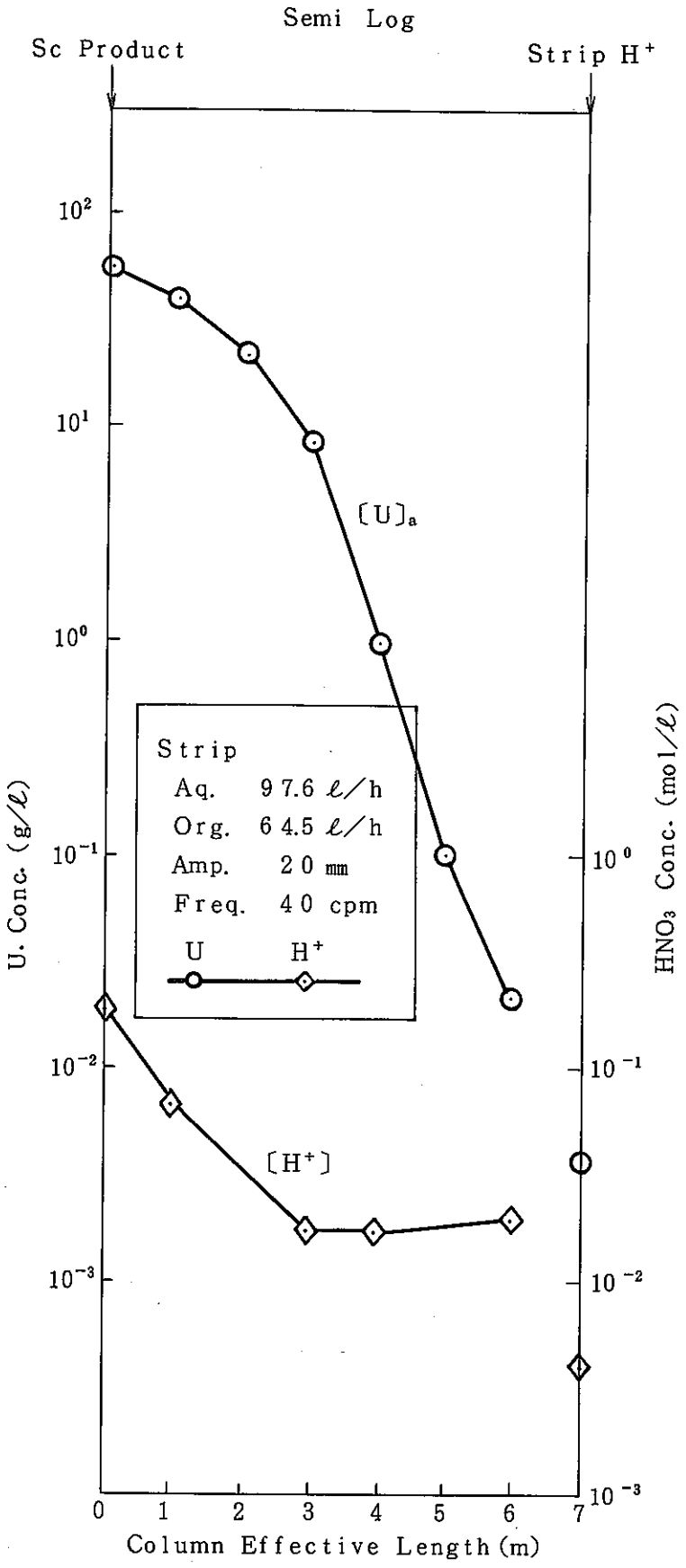


図41 抽出および洗浄カラム中の濃度プロフィル



Run № DZ84−4

図42　逆抽出カラム中の濃度プロフィル

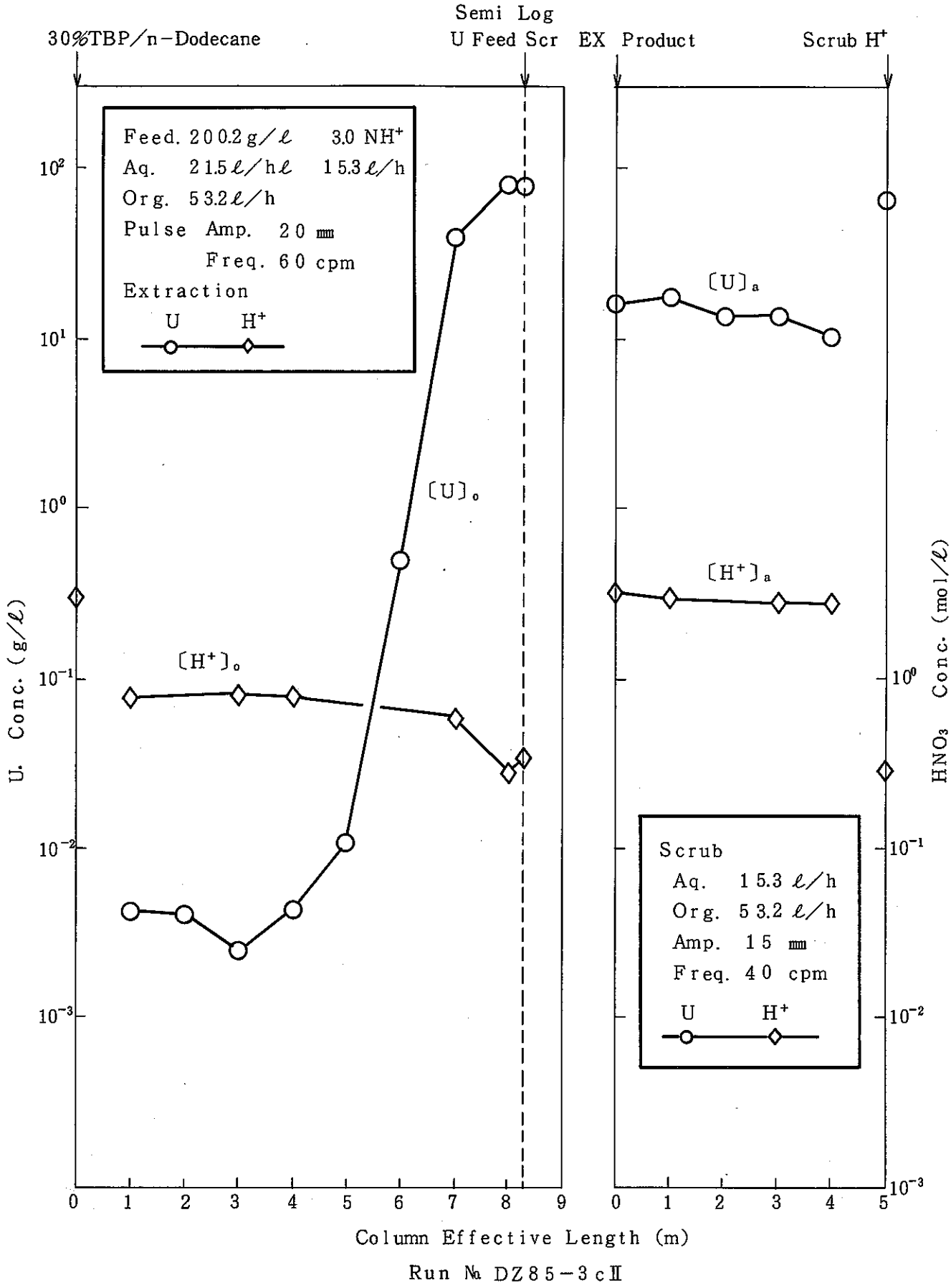
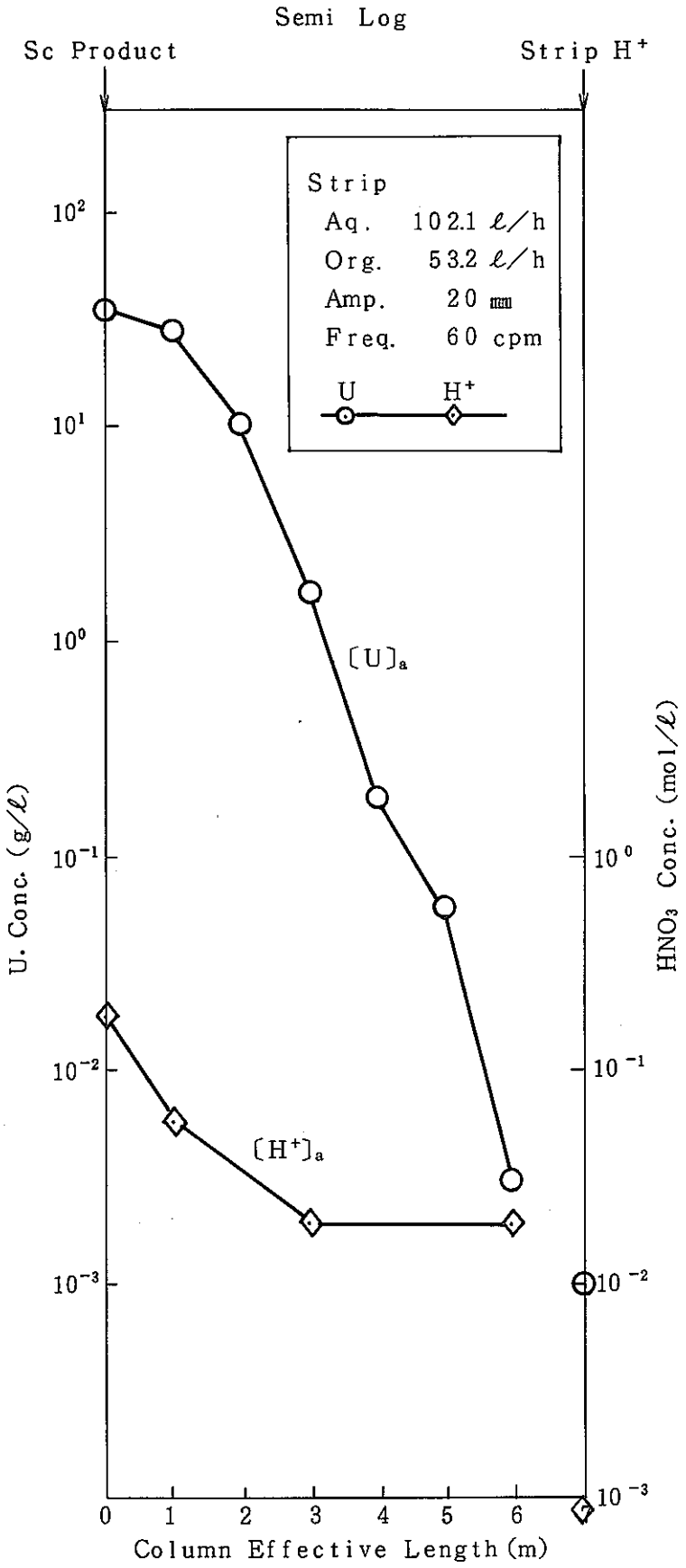


図43 抽出および洗浄カラム中の濃度プロフィル



Run № DZ85−3CⅡ

図44　逆抽出カラム中の濃度プロフィル

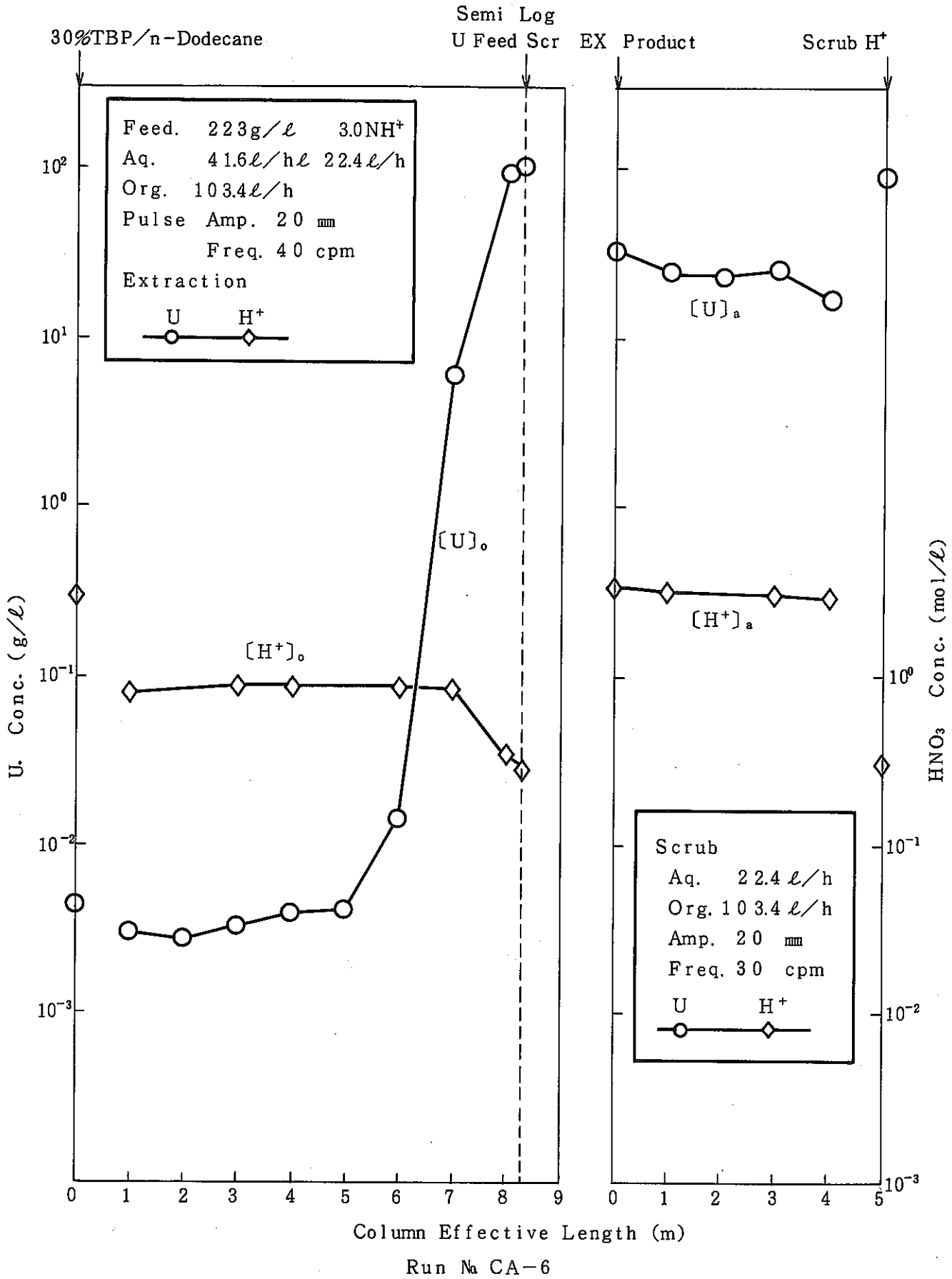
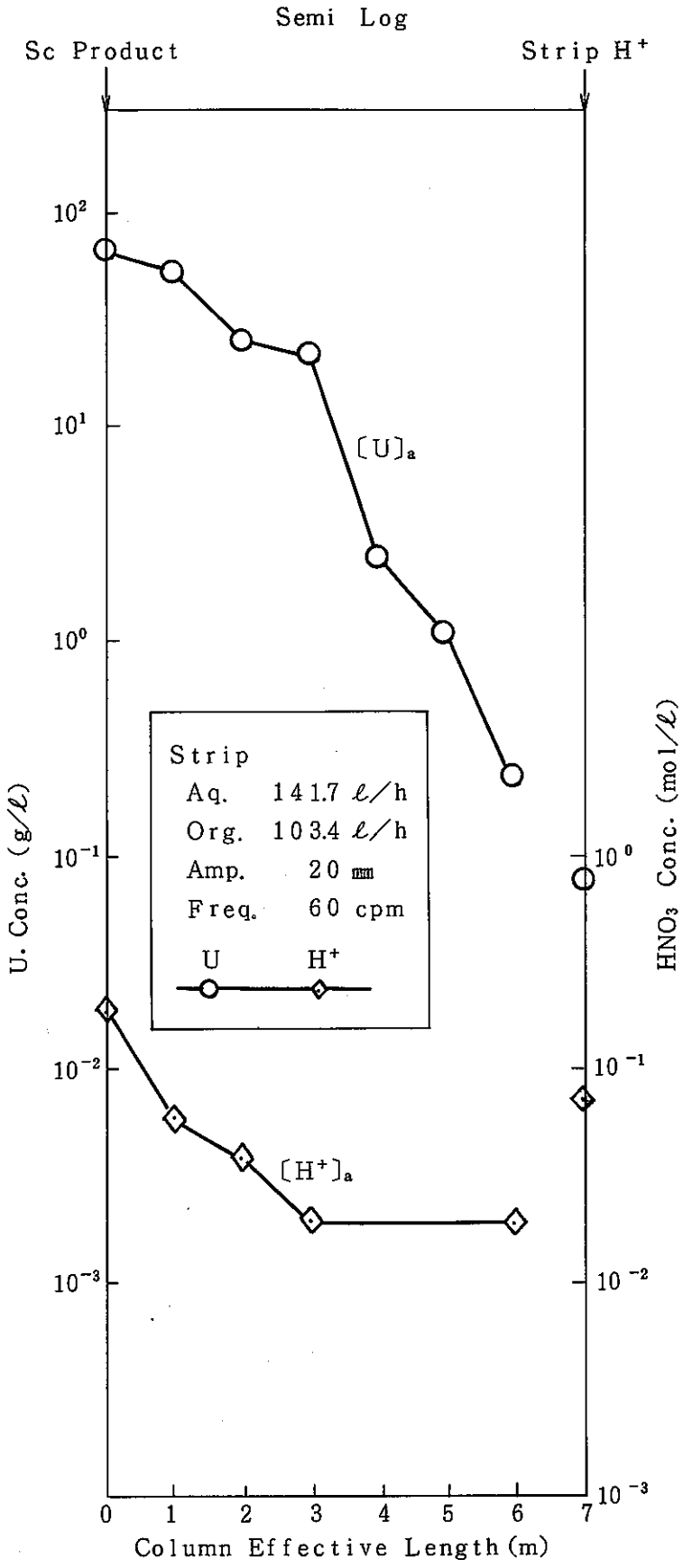


図45 抽出および洗浄カラム中の濃度プロフィル



Run № CA-6

図46　逆抽出カラム中の濃度プロフィル

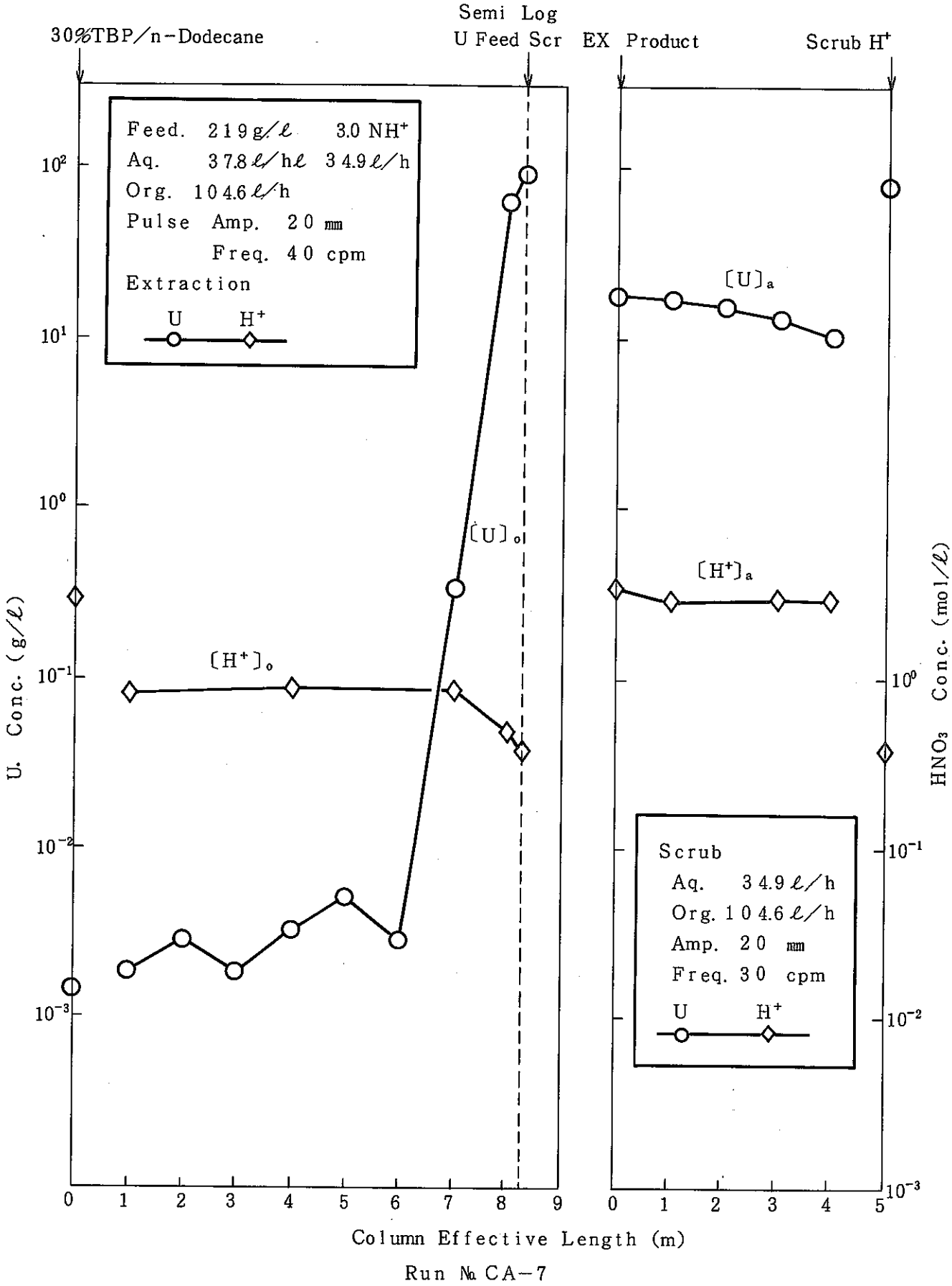


図47 抽出および洗浄カラム中の濃度プロフィル

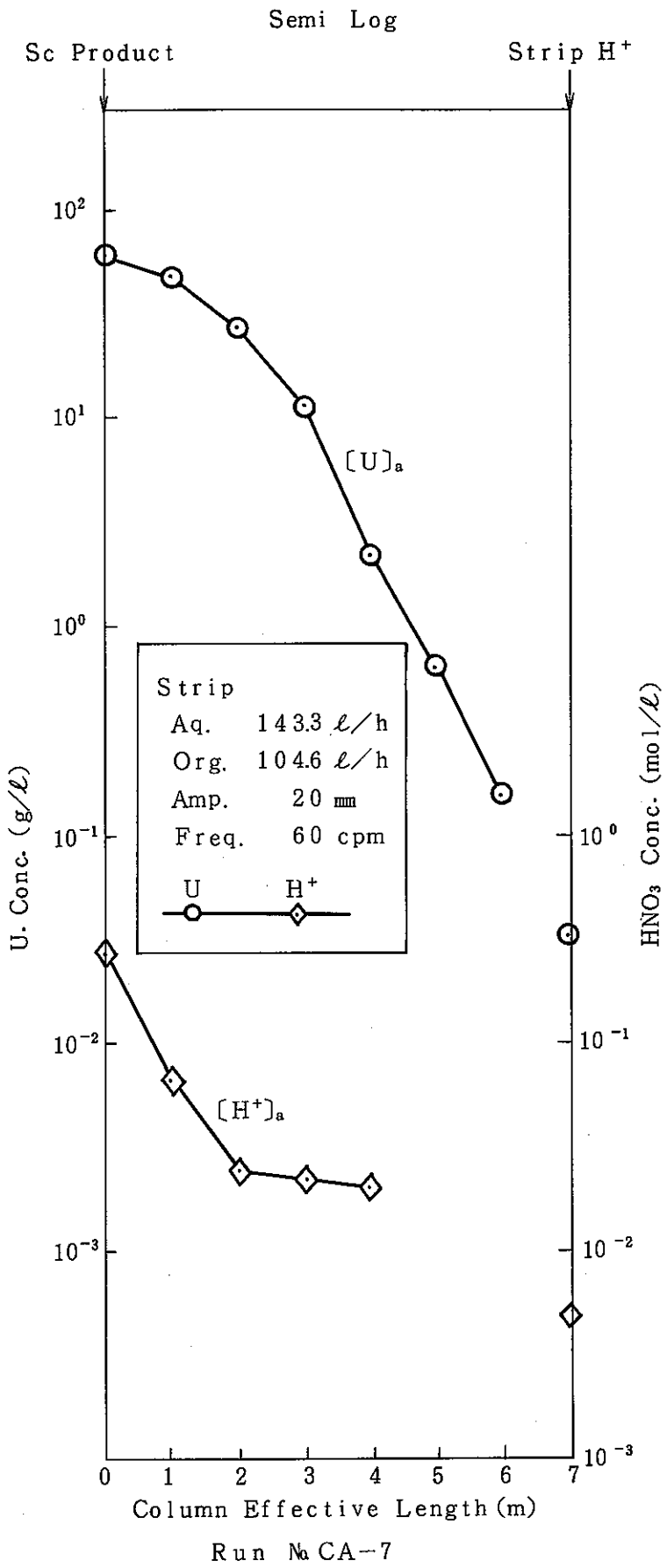


図48　逆抽出カラム中の濃度プロフィル

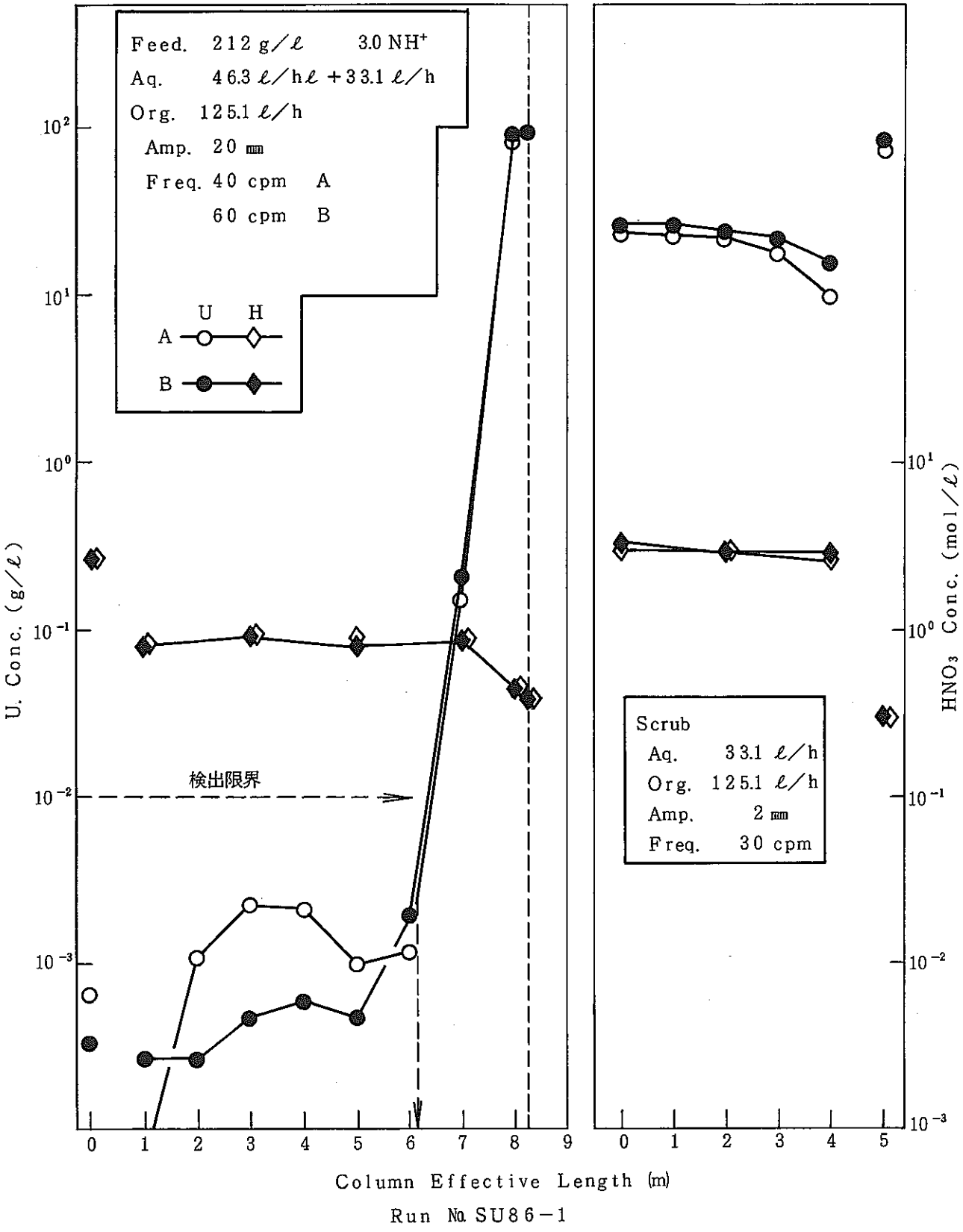
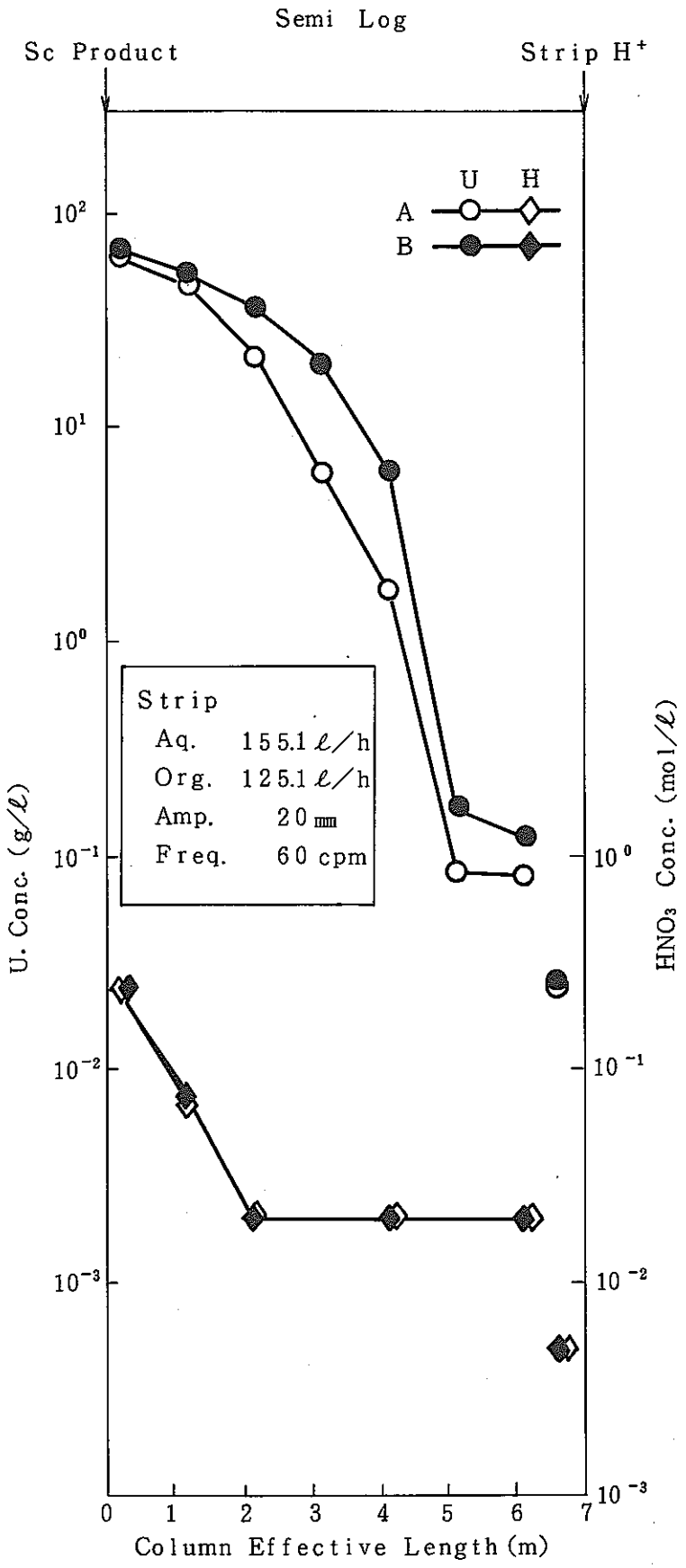


図49 抽出および洗浄カラム中の濃度プロフィル



Run № SU86-1

図50　逆抽出カラム中の濃度プロフィル

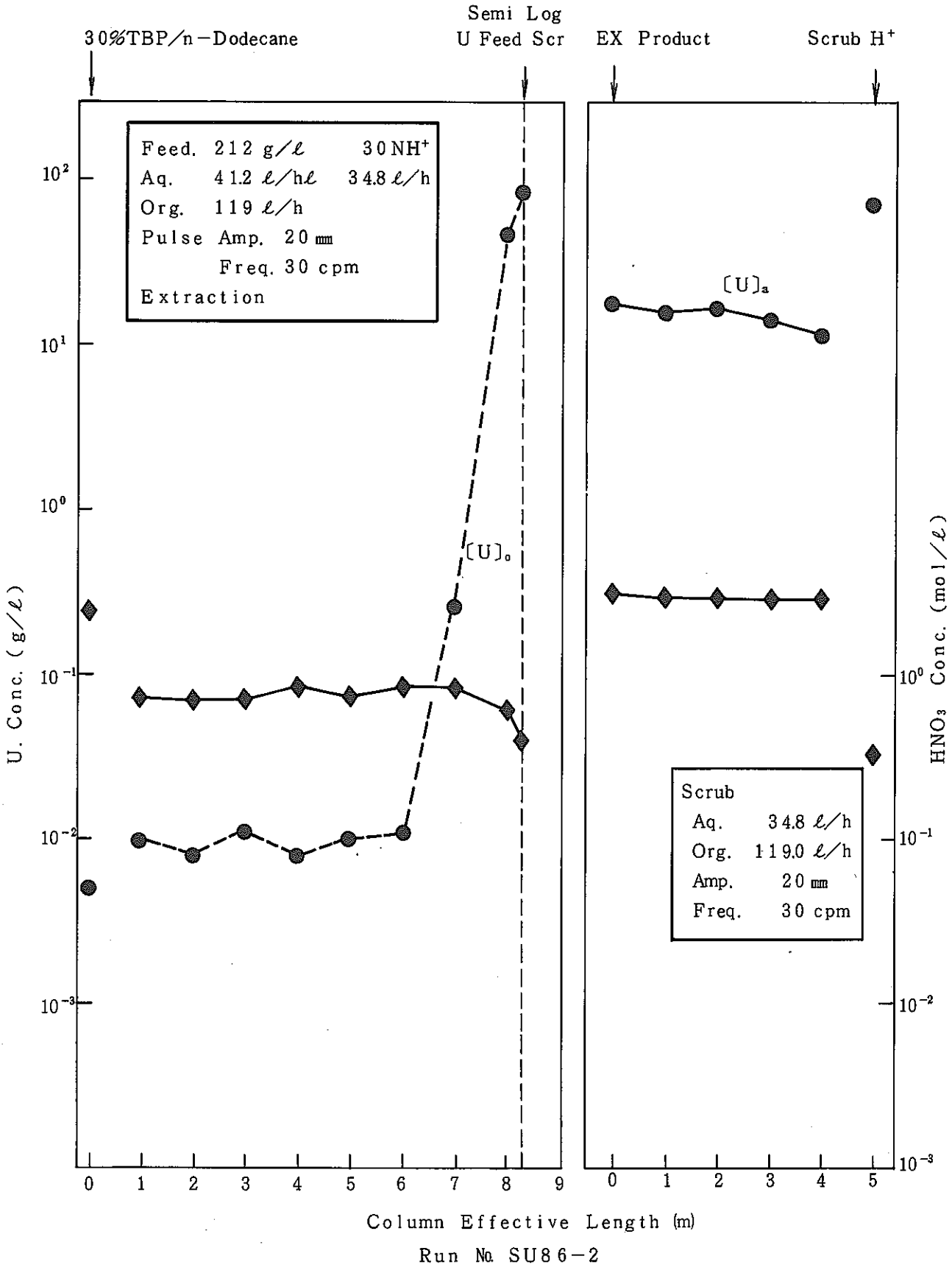


図51 抽出および洗浄カラム中の濃度プロフィル

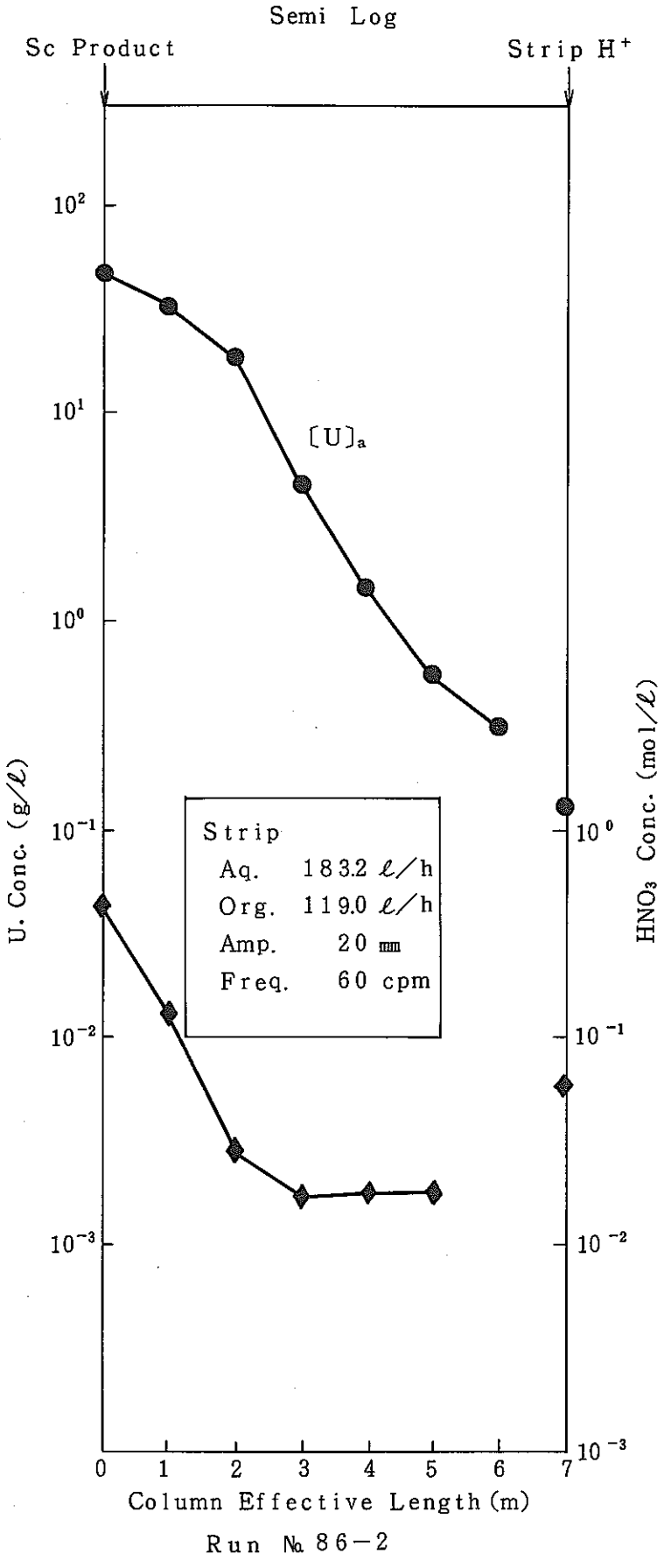


図52　逆抽出カラム中の濃度プロフィル

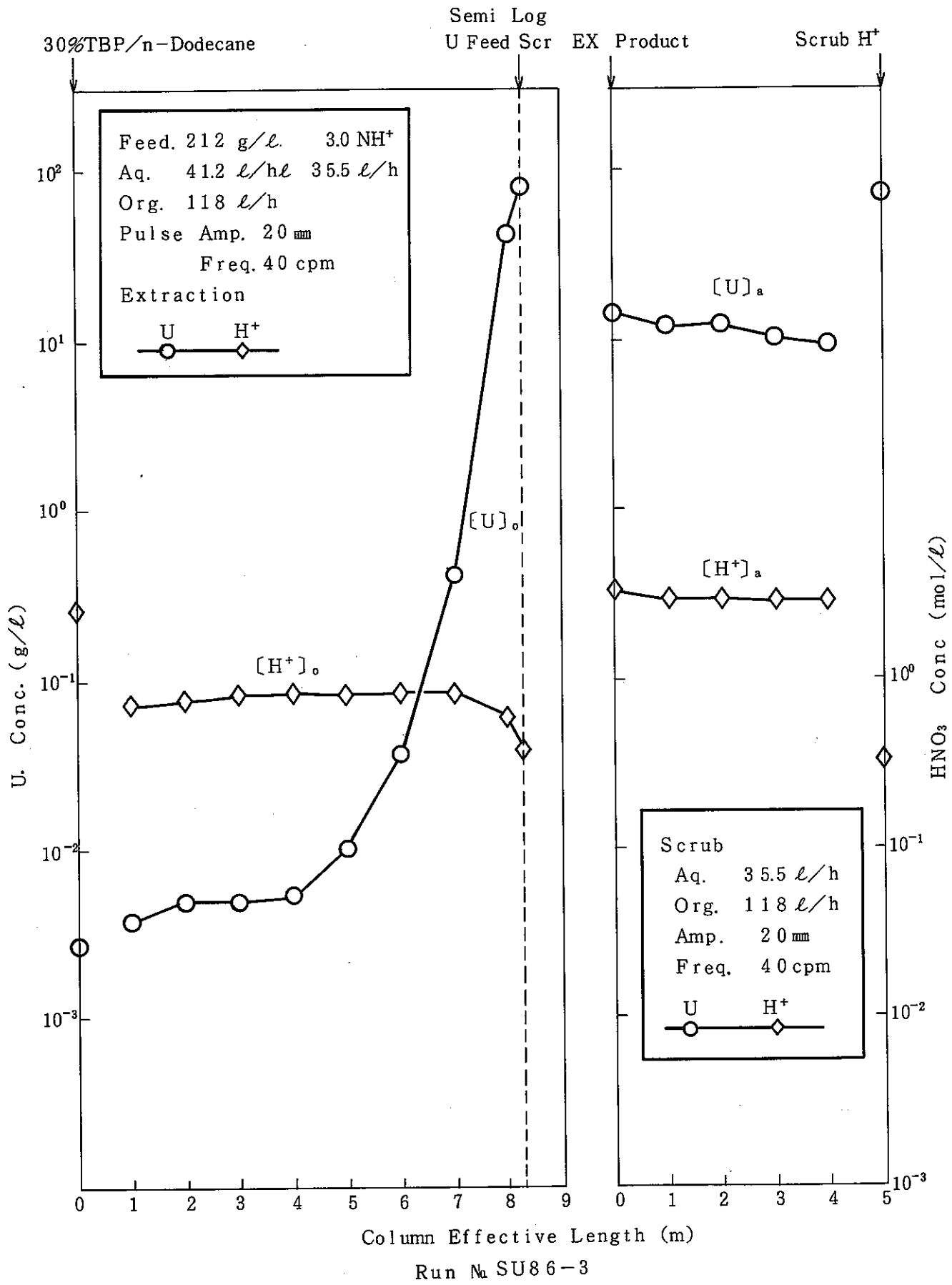
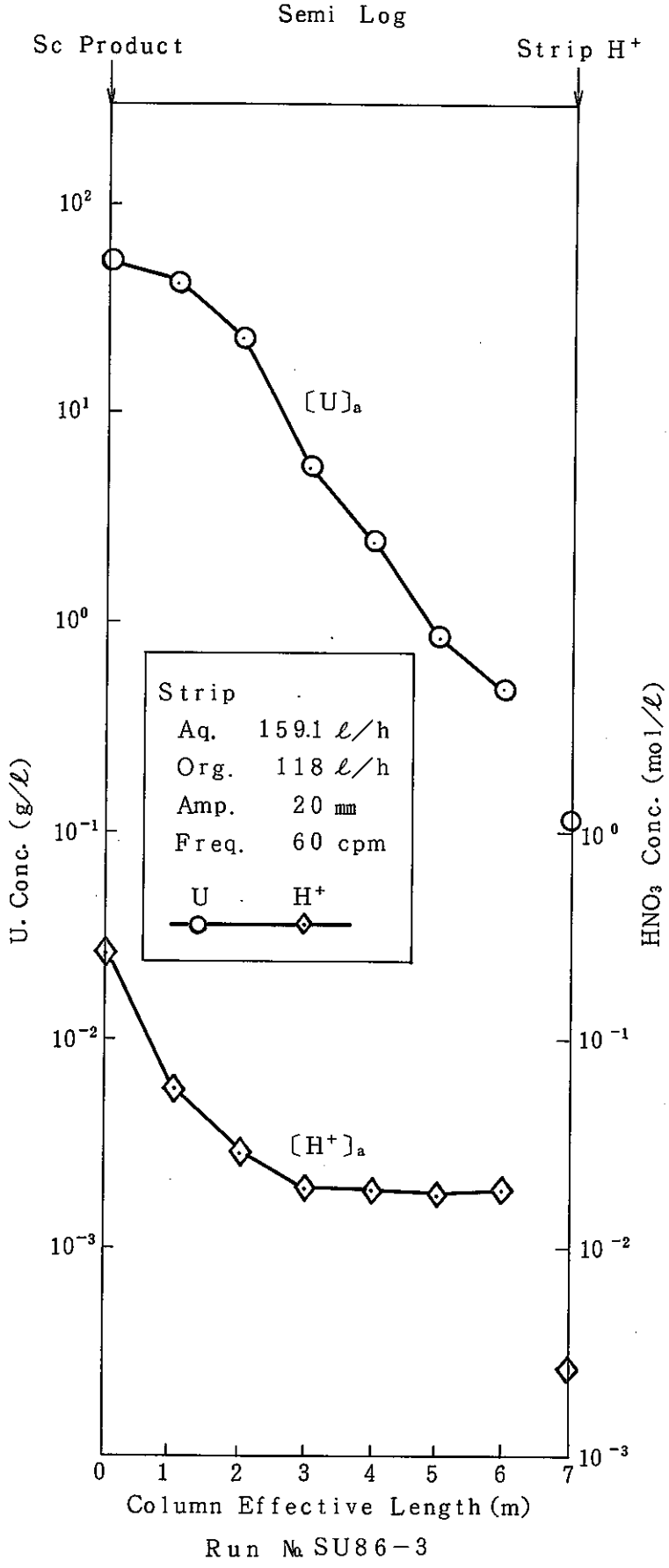


図53 抽出および洗浄カラム中の濃度プロフィル



Run № SU86-3

図54　逆抽出カラム中の濃度プロフィル

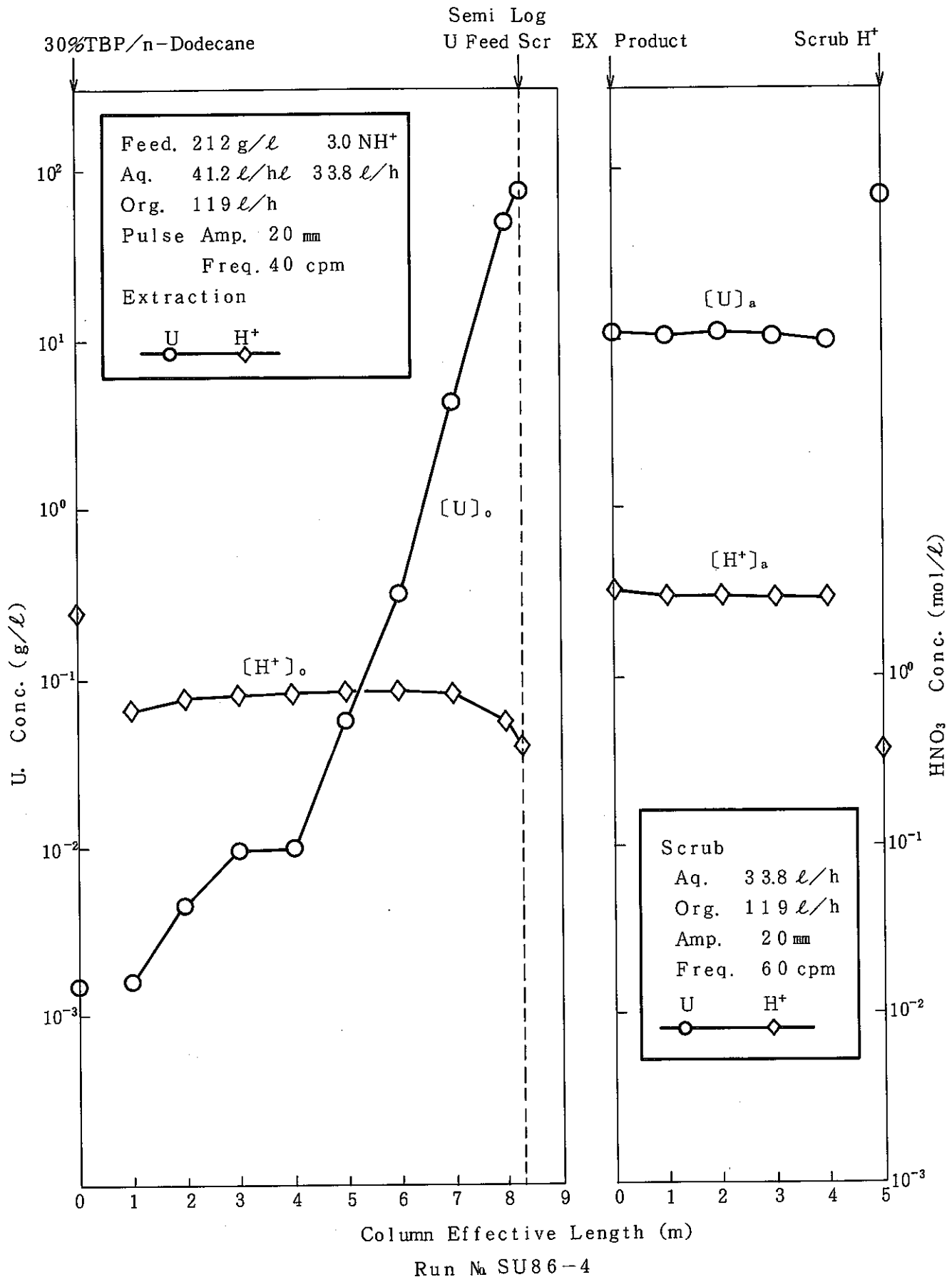
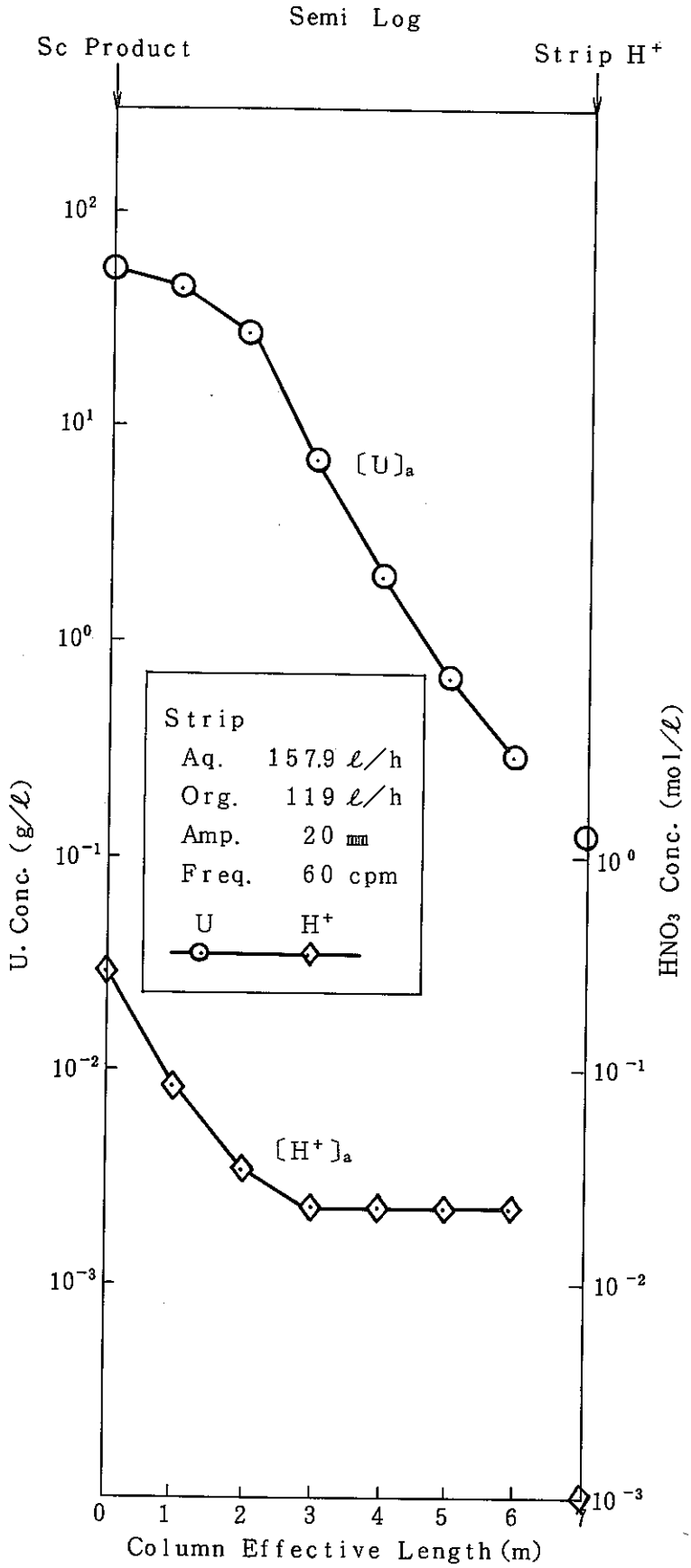


図55 抽出および洗浄カラム中の濃度プロフィル



Run № SU86-4

図56　逆抽出カラム中の濃度プロフィル

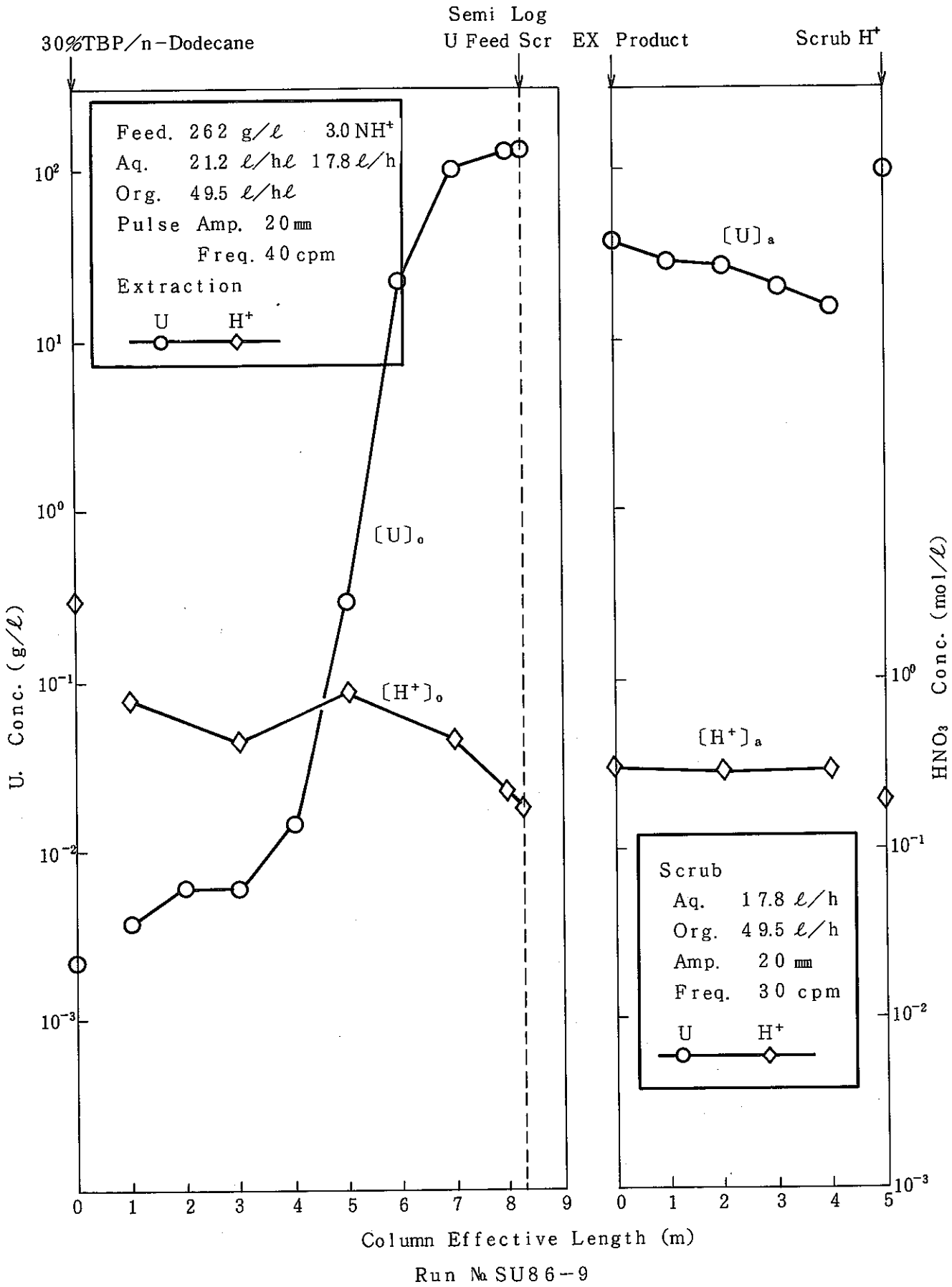
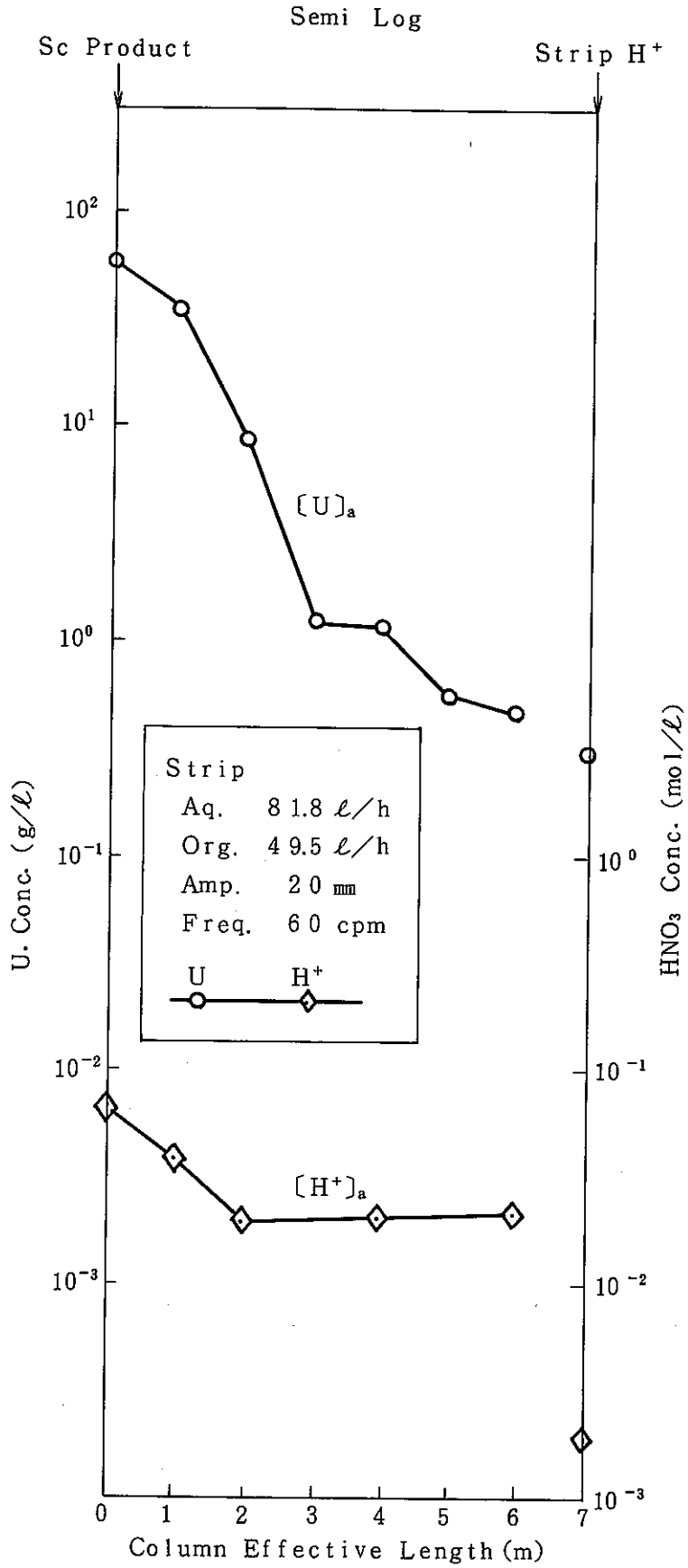


図57 抽出および洗浄カラム中の濃度プロフィル



Run No. SU86−9

図58　逆抽出カラム中の濃度プロフィル

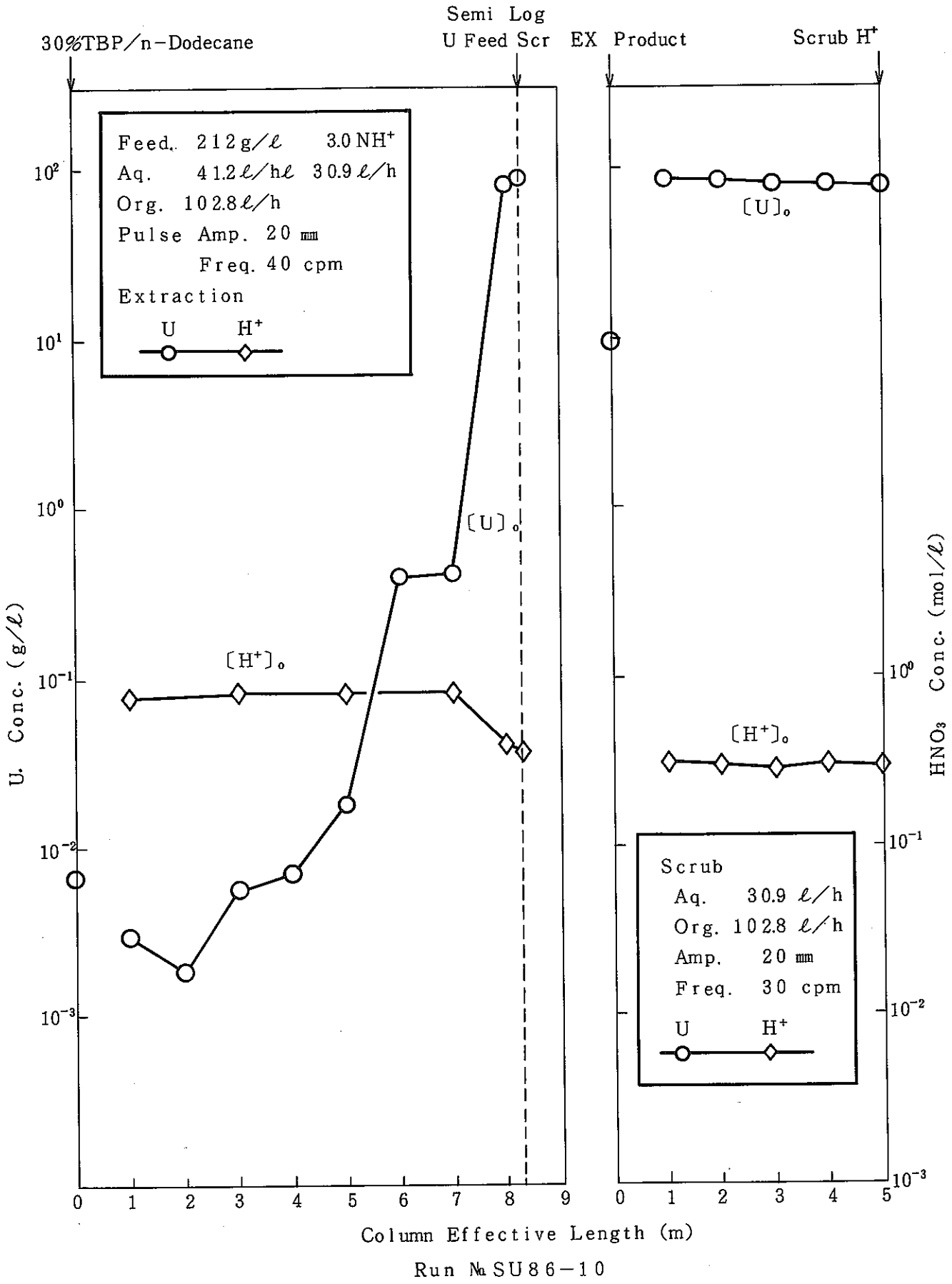
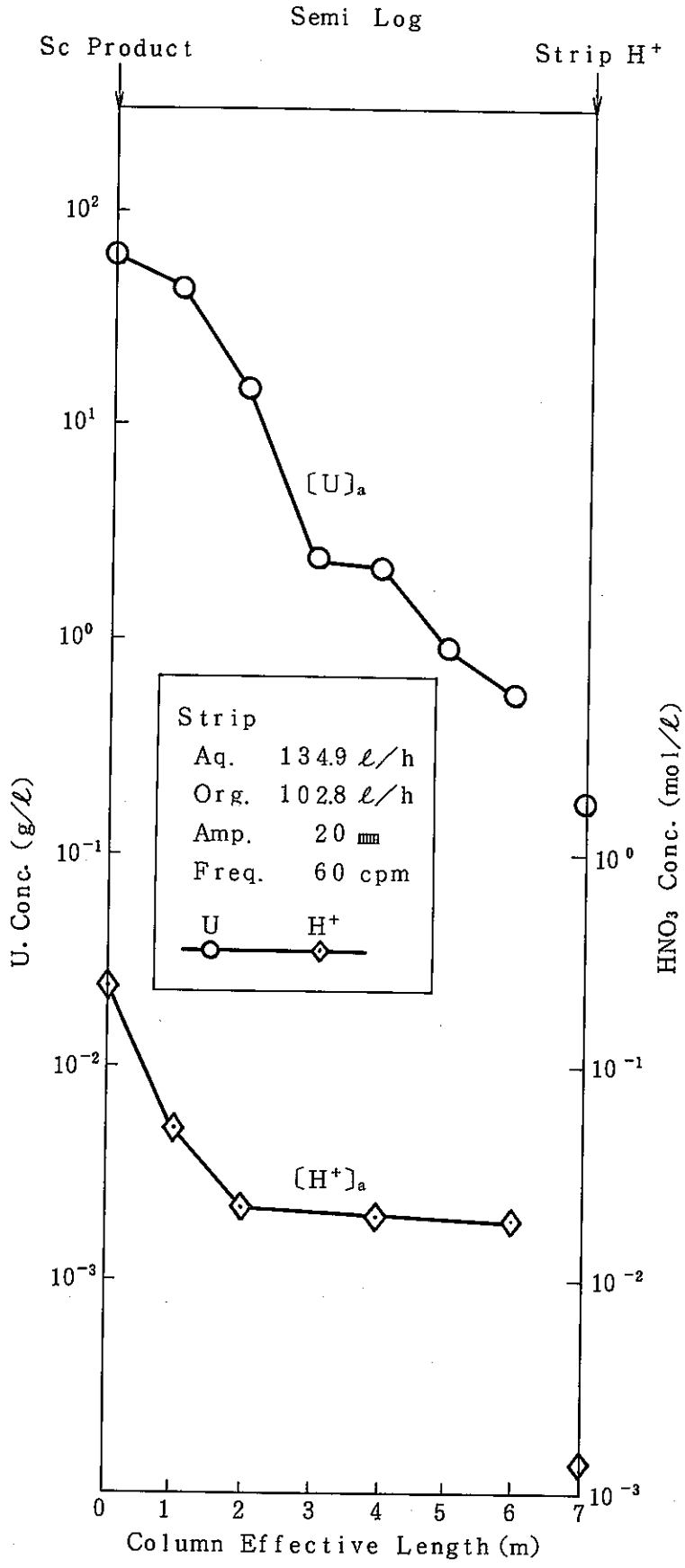


図59 抽出および洗浄カラム中の濃度プロフィル



Run №SU86-10

図60　逆抽出カラム中の濃度プロフィル

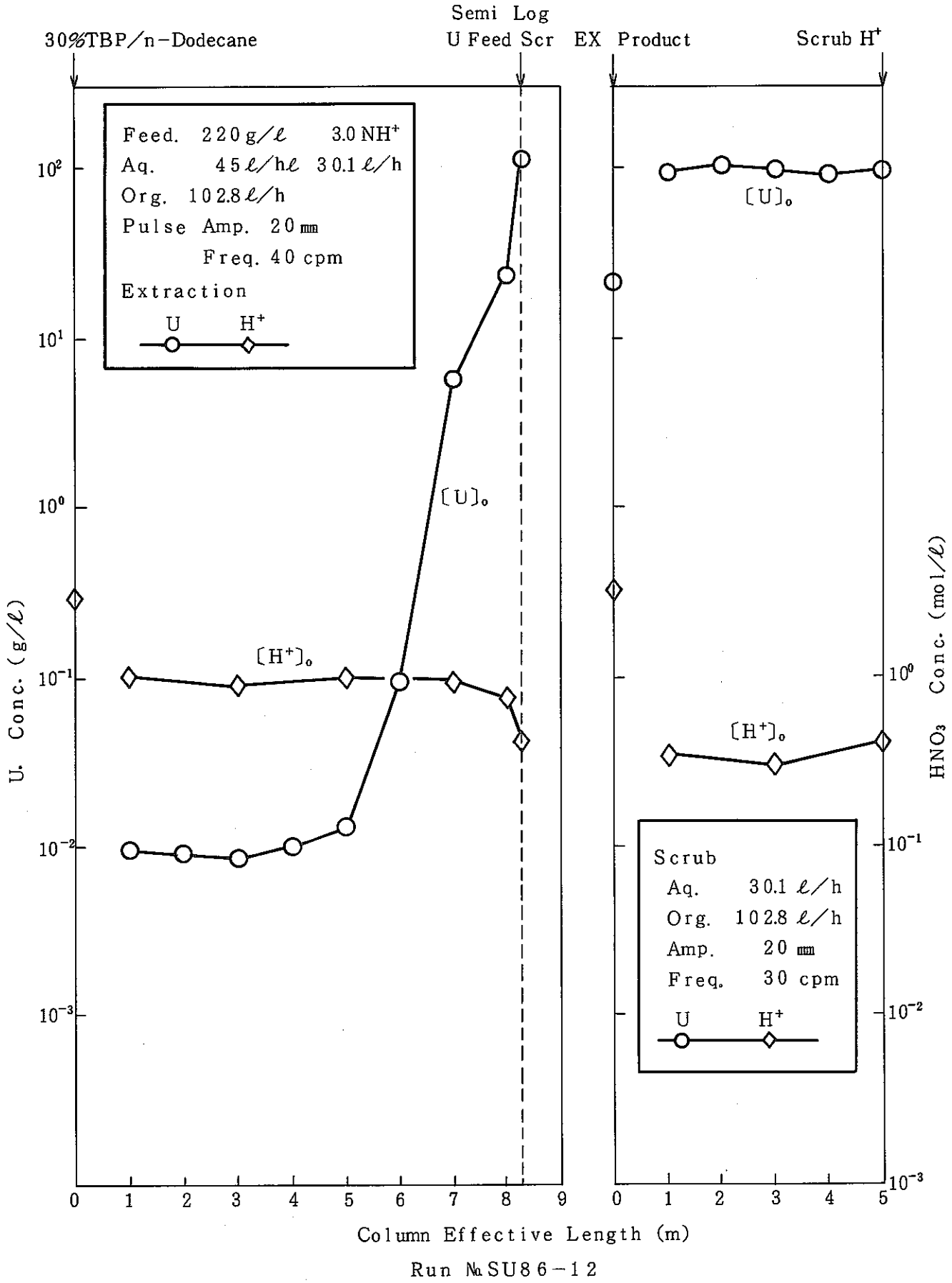
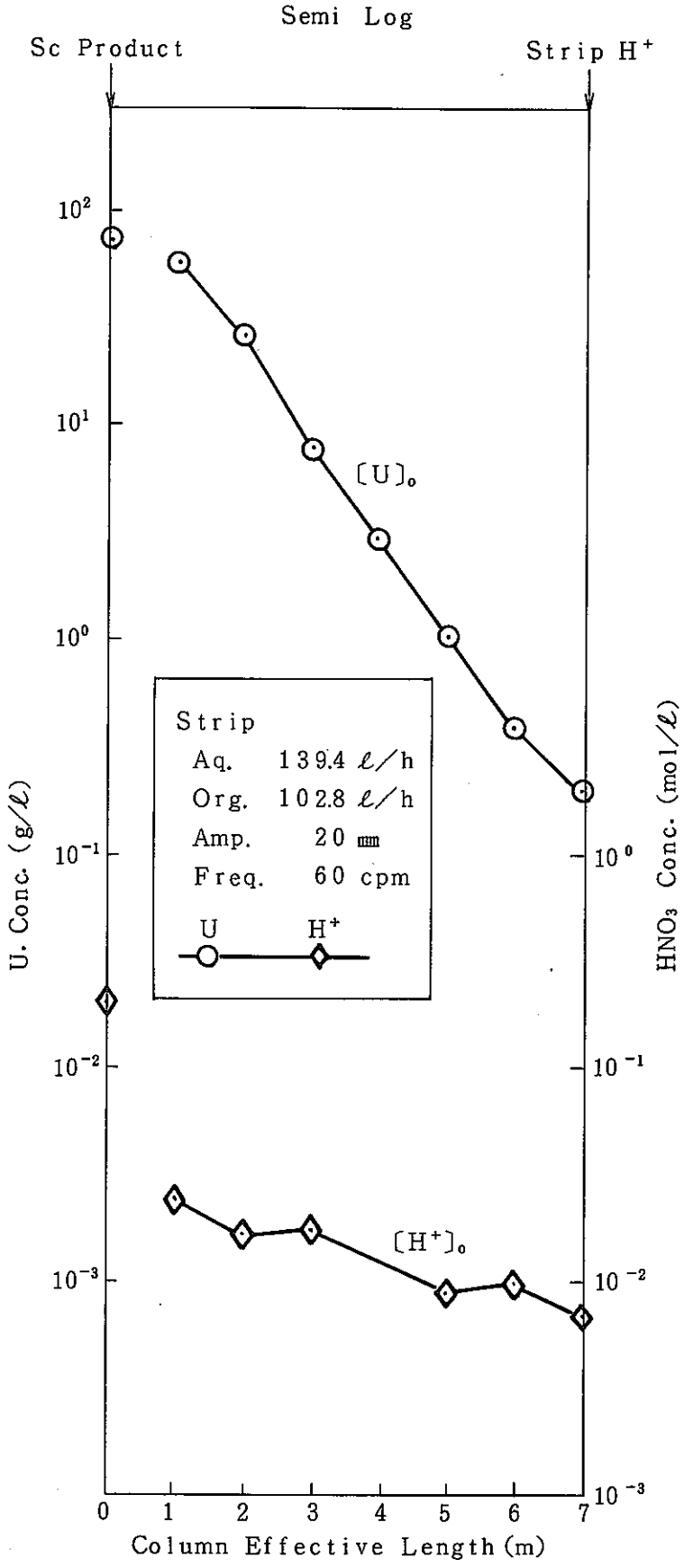


図61 抽出および洗浄カラム中の濃度プロフィル



Run № SU86−12

図 62　逆抽出カラム中の濃度プロフィル

資料D　体積分率

表２１　体積分率測定結果

Run No. UR−1　　日付 S. 59. 9.11

Ex Column				Sc Column				St Column			
Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)	Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)	Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)
Ex−2			1.2	Sc−2			5.5	St−2			1.5
3			1.7	3			48.0	3			1.5
4			1.2	4			29.0	4			2.5
5			3.2	5			41.0	5			0.3
6			1.0					6			2.5
7			1.9					7			1.5
8			3.7								
9											

測定時間　8hr

表22　体積分率測定結果

Run №UR−4　　日付 S. 59. 10. 9

Ex Column				Sc Column				St Column			
Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)	Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)	Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)
Ex−2			1.6	Sc−2			29.5	St−2			0.5
3			1.4	3			26.7	3			2.8
4			0.8	4			34.8	4			4.7
5			2.7	5			49.4	5			0.5
6			1.0					6			0.3
7			1.8					7			2.3
8			4.5								
9											

測定時間　8hr

表２３　体積分率測定結果

Run №DZ84−4　　日付 S. 59.12. 6

Ex Column				Sc Column				St Column			
Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)	Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)	Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)
Ex−2			2.4	Sc−2			5.4	St−2			6.0
3			1.8	3			42.7	3			1.6
4			1.3	4			47.9	4			1.8
5			4.0	5			51.7	5			3.4
6			1.4					6			2.2
7			1.6					7			2.5
8			1.5								
9			4.1								

測定時間　11hr

表24　体積分率測定結果

Run №DZ85-3CⅡ　日付 S. 60. 2. 21

Ex Column				Sc Column				St Column			
Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)	Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)	Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)
Ex−2			2.3	Sc−2			1.2	St−2			−
3			3.6	3			5.9	3			−
4			1.6	4			19.8	4			−
5			3.1	5			38.5	5			−
6			1.5					6			−
7			2.3					7			−
8			1.9								
9			3.7								

測定時間　4hr

表25　体積分率測定結果

Run №CA－6　　日付 S. 60. 12. 12

Ex Column				Sc Column				St Column			
Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)	Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)	Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)
Ex－2				Sc－2	11.0	88.0	12.50	St－2			
3				3	30.5	84.0	36.31	3			
4				4	1.0	89.0	1.12	4			
5				5	6.5	84.5	7.69	5			
6								6			
7								7			
8											
9											

測定時間　8hr

表26　体積分率測定結果

Run №CA-7　　日付 S. 60.12.19

Ex Column				Sc Column				St Column			
Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)	Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)	Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)
Ex-2				Sc-2			5.0	St-2			
3				3			1.1	3			
4				4			41.0	4			
5				5			54.0	5			
6								6			
7								7			
8											
9											

測定時間　8hr

表27　体積分率測定結果

Run №SU-86-10　日付 S.62. 2.16

Ex Column				Sc Column				St Column			
Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)	Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)	Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)
Ex−2	13.0	235	5.53	Sc−2	15.9	217.9	7.3	St−2	15.9	238	6.55
3	10.6	243.6	4.35	3	13.4	234.4	5.72	3	4.1	247	16.6
4	6.9	236.9	2.91	4	17.6	233.6	7.53	4	18.5	258	7.17
5	16.1	280.1	5.75	5	6.8	243.8	2.79	5	17.2	250	6.88
6	6.5	234.5	2.77					6	5.6	254.4	2.20
7	5.8	215.8	2.69					7	2.5	248	1.01
8	6.5	249.5	2.6								
9	30	222	13.5								

運転開始より

測定時間　4時間30分後

表28　体積分率測定結果

Run №SU86-12　　日付 S. 62. 3. 3.

Ex Column				Sc Column				St Column			
Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)	Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)	Sampling Point	分散相 (cc)	Total量 (cc)	体積分率 (%)
Ex−2	5	157	3.2	Sc−2	14.5	144	10.1	St−2	6.8	119	5.7
3	3.2	162	2.0	3	8.8	144	6.1	3	3.3	123	2.7
4	2.5	156	1.6	4	8.	150	5.3	4	4.0	128	3.1
5	7.0	145	4.8	5	8.8	154	5.7	5	7.0	128	5.5
6	3.0	148	2.0					6	5.5	120	4.6
7	4.2	145	2.9					7	2.0	126	1.6
8	2.7	164	1.6								
9	19.0	148	12.8								

測定時間　14：43

Run. UR−1

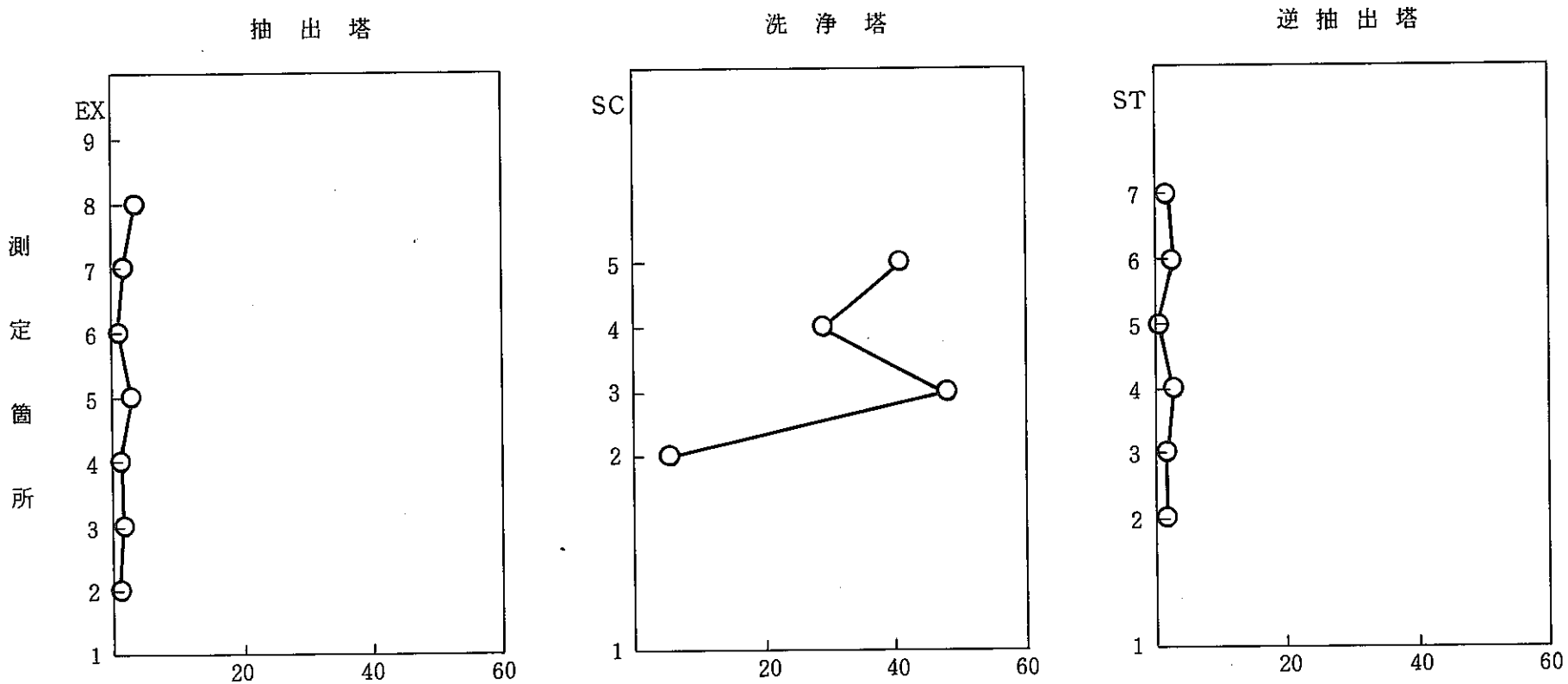


図63 体積分率（%）

Run. UR-4

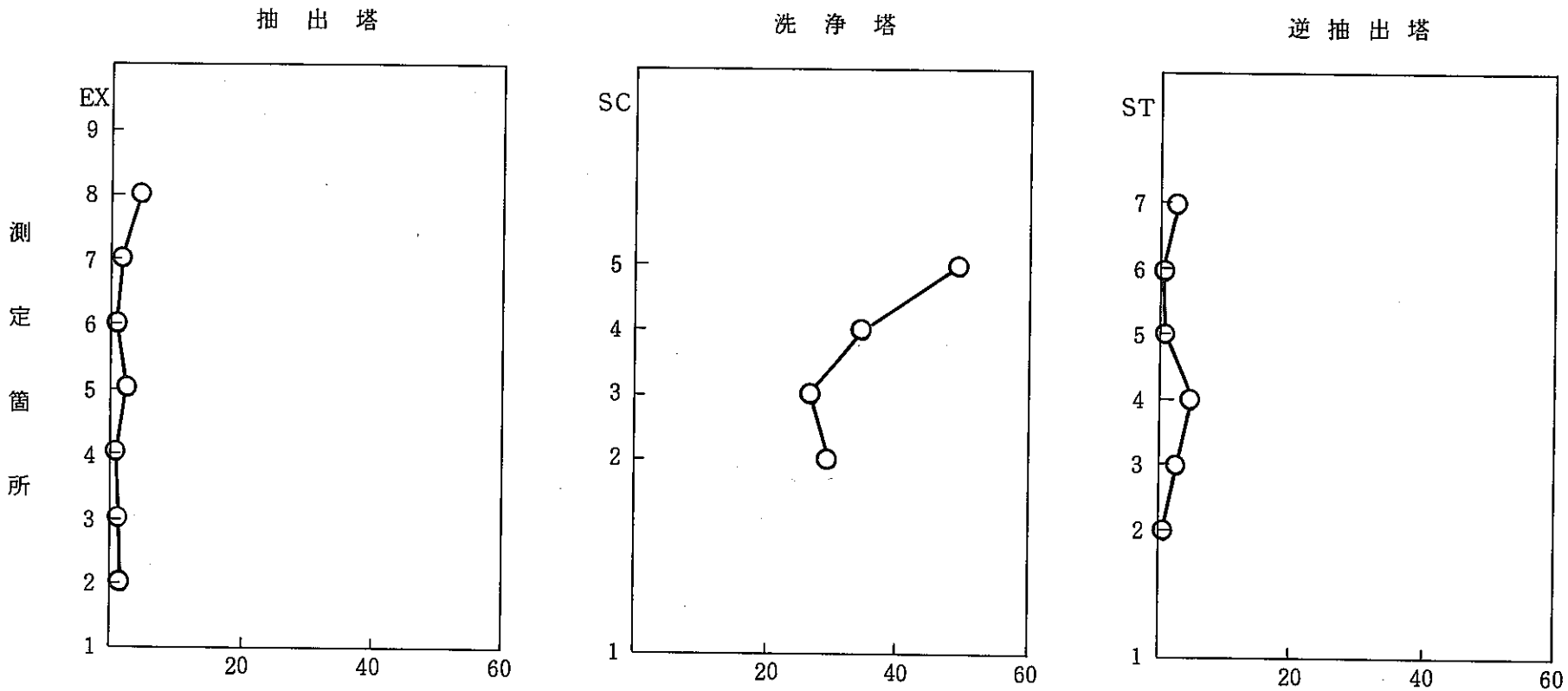


図64 体積分率(%)

Run. DZ84-4

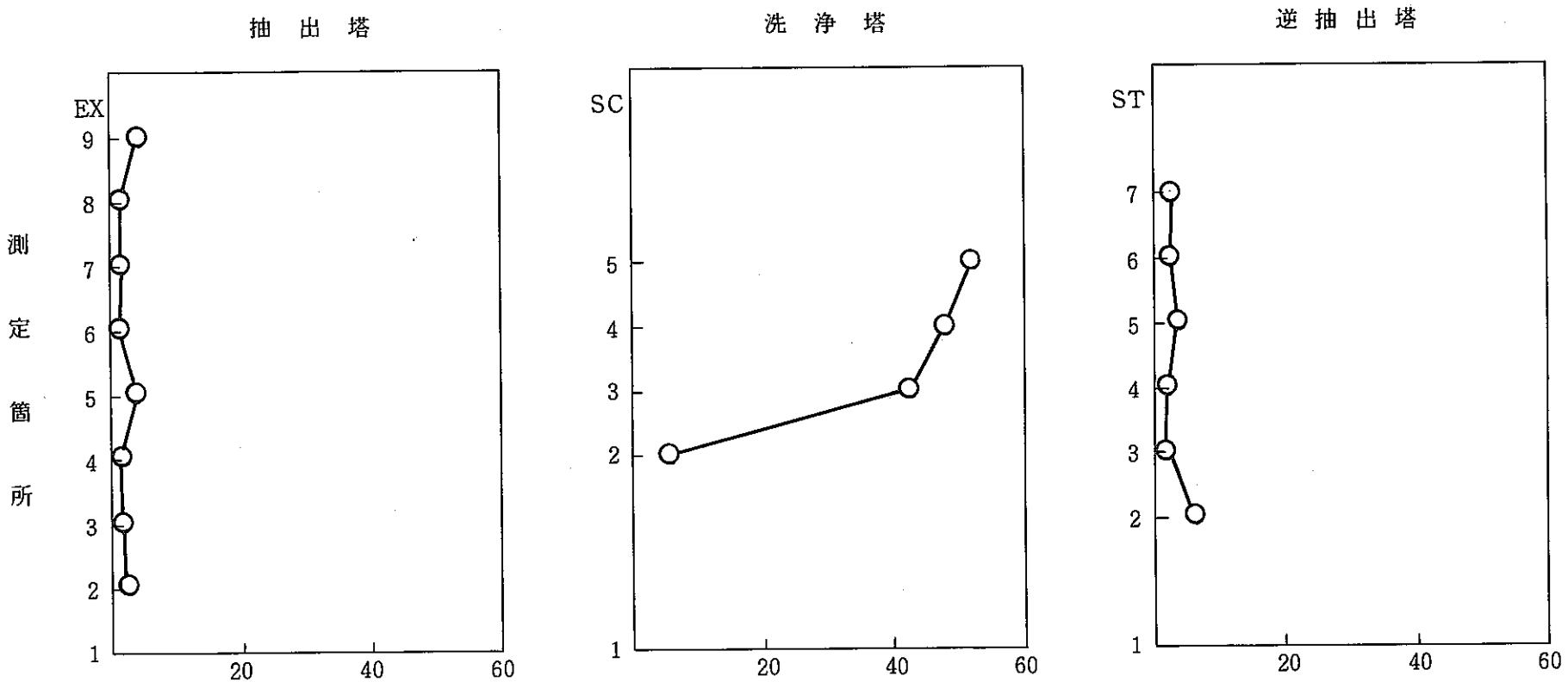


図65 体積分率（%）

Run. DZ85−3CII

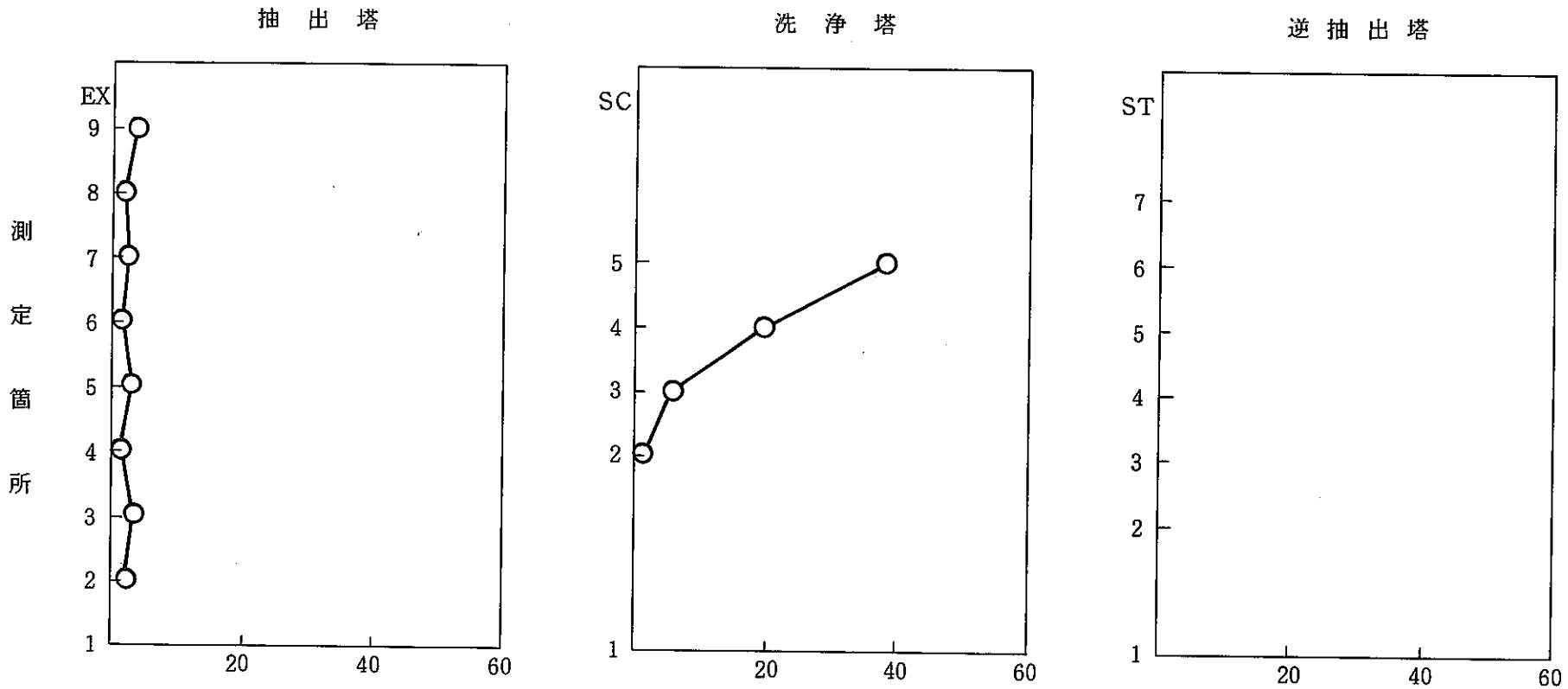


図66 体積分率（%）

Run. CA−6

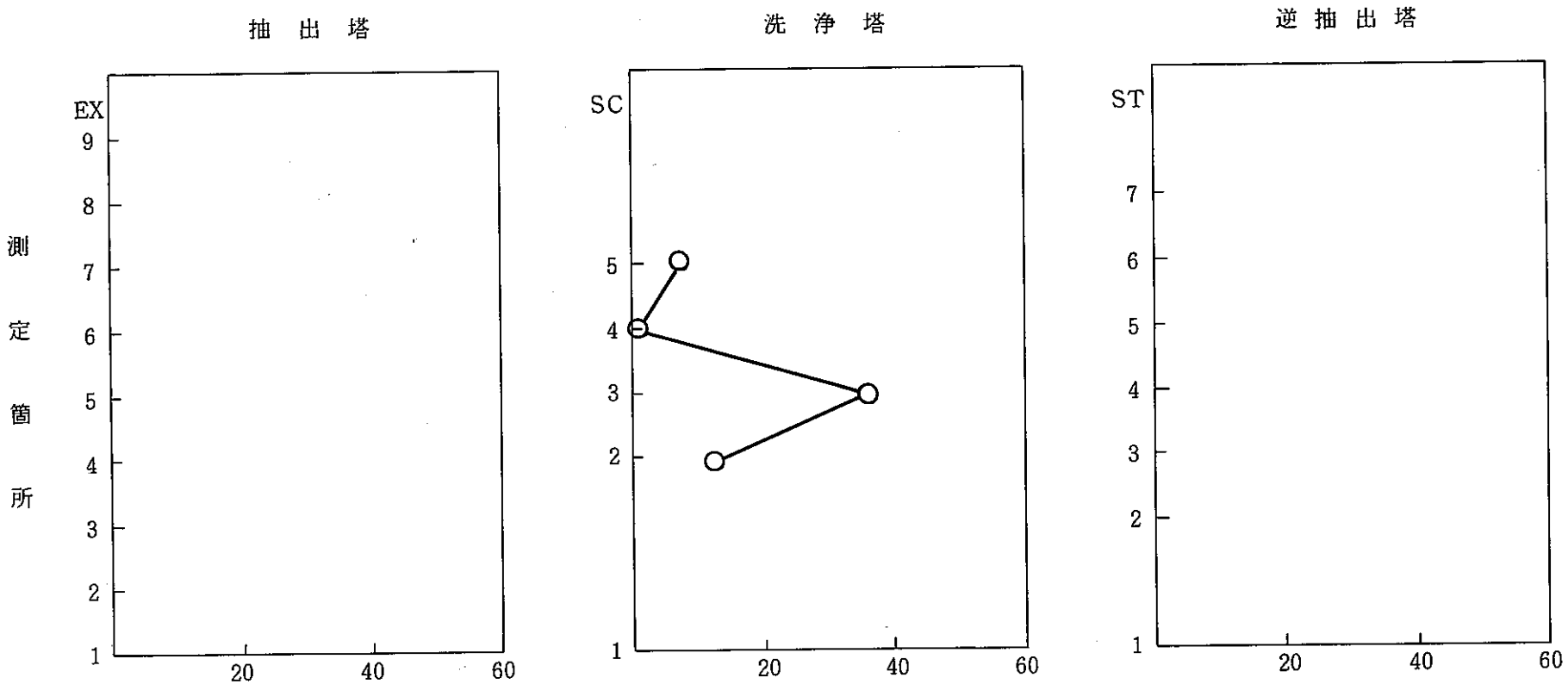


図67 体積分率（%）

Run. CA−7

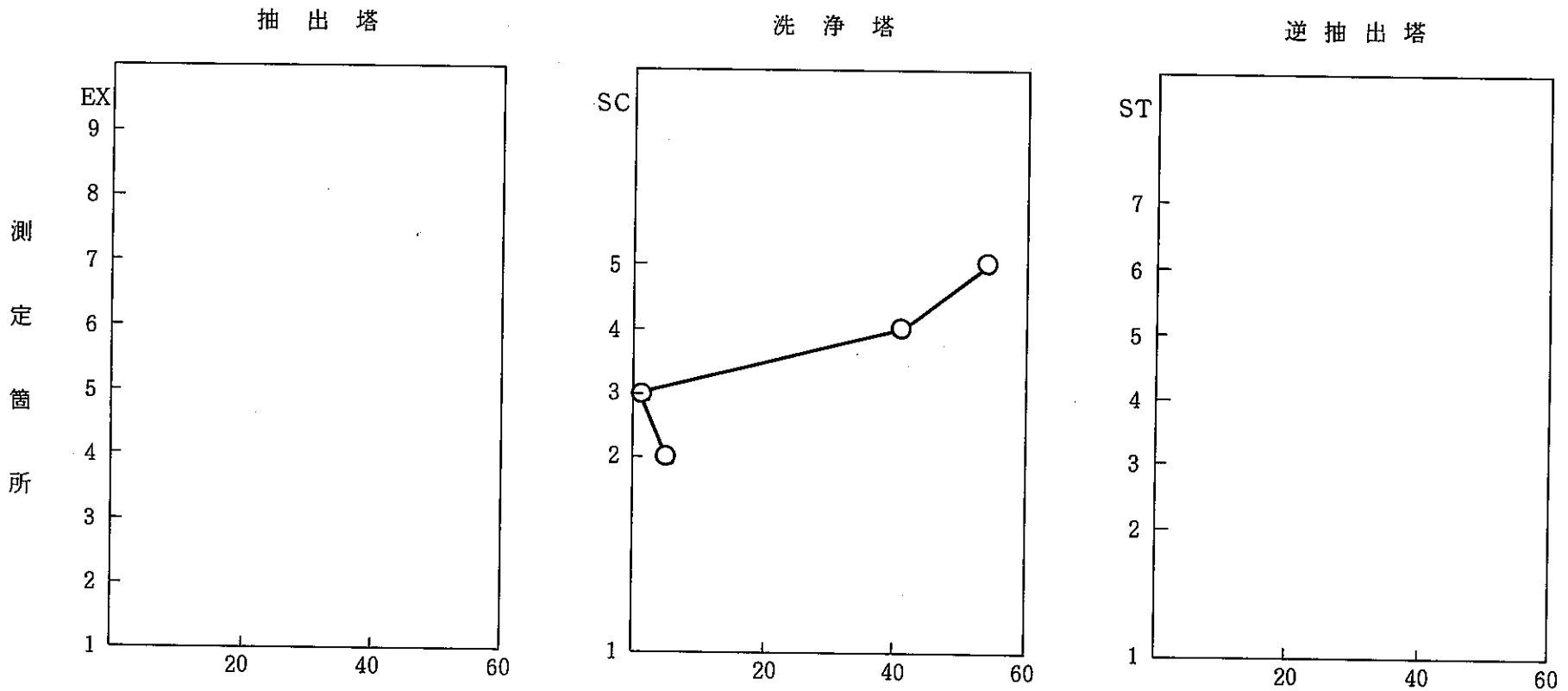


図68 体積分率（%）

Run. SU86-10

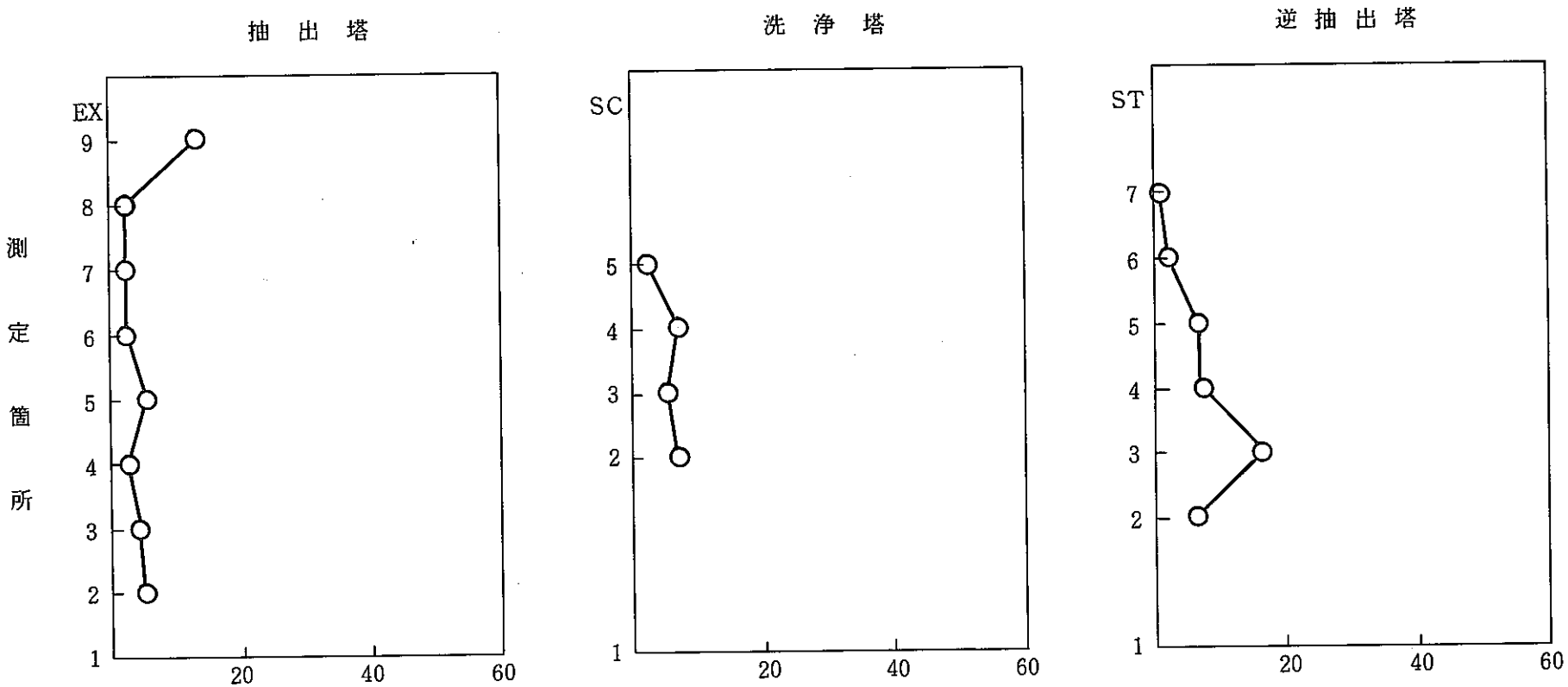


図69 体積分率（%）

Run. SU86-12

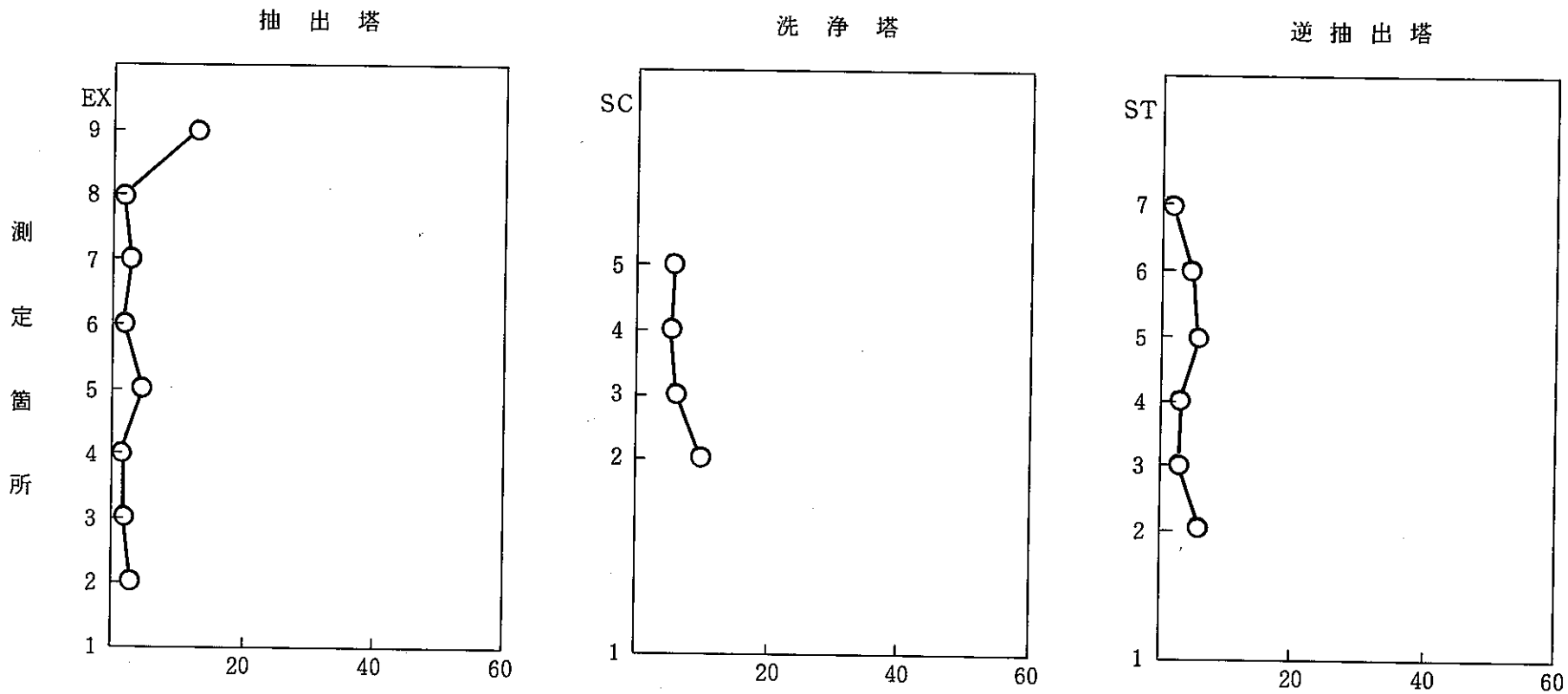


図70 体積分率(%)

資料E　分析一覧表

表29　実験結果（Run №UR−1）

Run №	UR−1
Column	Extraction Column
A／O	32(+12)ℓ/h ／ 72 ℓ/h
a×f	20 mm × 40 cpm

Feed	U	197 g/ℓ	Solvent	U	$<1.0\times10^{-3}$ g/ℓ
	H	3.02 N		H	N

	1 (3hr)			2 (6hr)			3 (8hr)			4 (hr)		
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
E−10	82.3	0.29	0.0	83.3	0.16	0.0	95.6	0.26	0.0			
E−9	85.6	0.30	3.9	91.9	0.24	4.5	95.8	0.32	3.7			
E−8												
E−7	2.13×10^{-2}	0.81	2.2	1.18	0.86	2.2	2.55×10^{-2}	0.81	1.9			
E−6	5.2×10^{-3}		2.9	2.88	0.85	0.2	1.08×10^{-2}		1.0			
E−5	7.1×10^{-3}	0.80	3.8	3.45	0.86	3.5	4.6×10^{-3}	0.89	3.2			
E−4	2.5×10^{-3}	0.73	1.8	2.36×10^{-2}	0.87	1.0	2.7×10^{-3}		1.2			
E−3	3.5×10^{-3}	0.82	1.7	6.9×10^{-3}	0.83	2.0	3.1×10^{-3}	0.87	1.7			
E−2	2.3×10^{-3}	0.72	2.8	1.2×10^{-3}	0.85	2.0	4.6×10^{-3}	0.75	1.2			
E−1	3.5×10^{-3}	2.88	100	1.7×10^{-3}	2.82	100	2.7×10^{-3}	2.71	100			

VR：dispersed phase volume fraction

表30　実験結果（Run №UR−1）

Run №	UR−1
Column	Strip Column
A／O	12 ℓ/h ／ 72 ℓ/h
a×f	20 mm × 40 cpm
Feed	Ex product

	1 (3hr)			2 (6hr)			3 (8hr)			4 (hr)		
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
Sc−6	84.95	0.48	100	85.10	0.20	100	86.40	0.24	100			
Sc−5	25.29	2.75	51.9	26.20	3.19	48.2	27.50	3.00	41.0			
Sc−4	25.01		34.3	28.40		52.9	34.00		29.0			
Sc−3	27.04		35.0	28.60		40.5	33.00		48.0			
Sc−2	28.83	3.00	4.3	27.20	3.57	6.6	31.50	3.55	5.5			
Sc−1	25.85	2.97	0.0	27.10	3.36	0.0	30.20	3.57	0.0			

VR：dispersed phase volume fraction

表３１　実験結果（Run №UR－１）

Run №	UR－1
Column	Strip Column
A／O	96 ℓ/h ／ 72 ℓ/h
a×f	20 mm × 40 cpm
Feed	Sc product

	1	(3hr)		2	(6hr)		3	(8hr)		4	(hr)	
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
St－8	0.268	0.01	100	0.279	6.0×10^{-3}	100	0.388	5.2×10^{-3}	100			
St－7	0.443	0.04	2.7	0.547	0.02	0.6	0.473	0.02	1.5			
St－6	0.842		1.0	0.835		0.5	0.916		2.5			
St－5	2.53	0.12	1.3	3.55	0.02	2.8	3.22	0.02	0.3			
St－4	8.82		1.1	11.10		2.8	10.60		2.5			
St－3	25.38		2.2	29.00		1.1	28.90		1.5			
St－2	48.50	0.038	2.7	49.40	0.04	1.7	48.50	0.07	1.5			
St－1	62.65	0.19	0.0	64.70	0.19	0.0	64.80	0.21	0.0			

VR：dispersed phase volume fraction

表32　実験結果（Run №UR−4）

Run №	UR−4
Column	Extraction Column
A／O	23(+6.8)ℓ/h ／ 55 ℓ/h
a×f	20 mm × 40 cpm

Feed	U	206.5 g/ℓ	Solvent	U	<1.0×10⁻³ g/ℓ
	H	2.98 N		H	N

	1 (3hr)			2 (6hr)			3 (8hr)			4 (hr)		
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
E−10	90.53	0.24	0.0	93.05	0.26	0.0	93.61	0.26	0.0			
E−9	104.13	0.25	4.2	93.46	0.25	4.8	95.17	0.26	4.5			
E−8												
E−7	9.14×10^{-2}	0.75	2.2	0.269	0.83	1.4	0.104	0.85	1.8			
E−6	2.07×10^{-2}		1.5	2.05×10^{-2}		1.0	1.7×10^{-2}		1.0			
E−5	3.52×10^{-2}	0.77	4.1	2.32×10^{-3}	0.83	2.6	7.91×10^{-3}	0.84	2.7			
E−4	2.26×10^{-2}		1.6	4.25×10^{-3}		1.0	6.18×10^{-3}		0.8			
E−3	3.44×10^{-2}	0.77	2.3	1.00×10^{-2}	0.82	1.6	7.73×10^{-3}	0.82	1.4			
E−2	2.20×10^{-2}	0.74	2.6	9.66×10^{-3}	0.78	1.6	3.67×10^{-3}	0.78	1.6			
E−1	1.14×10^{-2}	2.56	100	5.80×10^{-3}	2.79	100	1.74×10^{-3}	2.74	100			

VR：dispersed phase volume fraction

表３３　実験結果（Run №UR－４）

Run №	UR－4
Column	Scrub Column
A／O	6.8 ℓ/h ／ 55 ℓ/h
a × f	20 mm × 30 cpm
Feed	Ex product

	1	(hr)		2	(hr)		3	(hr)		4	(hr)	
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
Sc－6	81.05	0.21	100	81.24	0.25	100	84.61	0.21	100			
Sc－5			95.5	12.08	2.91	22.3	21.28	2.86	49.4			
Sc－4	17.28		60.0	16.41		26.1	28.82		34.8			
Sc－3	21.28		49.4	19.67		37.9	32.44		26.7			
Sc－2	25.71	2.84	46.4	24.92	2.94	17.4	37.09	3.09	29.5			
Sc－1	30.43	2.84	0.0	21.81	2.99	0.0	30.43	3.17	0.0			

VR：dispersed phase volume fraction

表34　実験結果（Run №UR−4）

Run №	UR−4
Column	Strip Column
A／O	105 ℓ/h ／ 55 ℓ/h
a×f	20 mm × 60 cpm
Feed	Sc product

	1 (3hr)			2 (6hr)			3 (8hr)			4 (hr)		
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
St−8	6.90×10^{-2}	4.0×10^{-4}	100	4.52×10^{-2}	5.0×10^{-4}	100	0.186	5.0×10^{-4}	100			
St−7	8.77×10^{-2}	1.9×10^{-2}	1.1	6.34×10^{-2}	2.0×10^{-2}	0.6	0.267	2.0×10^{-2}	2.3			
St−6	0.321		2.2	0.183		1.1	0.713		0.3			
St−5	0.760	1.9×10^{-2}	4.5	0.609	1.9×10^{-2}	0.3	1.64	1.9×10^{-2}	0.5			
St−4	2.10		10.2	1.86		0.4	4.02		4.7			
St−3	27.75		8.7	6.46		0.5	12.35		2.8			
St−2	37.98	5.3×10^{-2}	1.6	17.08	4.3×10^{-2}	0.3	26.91	4.3×10^{-2}	0.5			
St−1	25.26	0.13	0.0	38.08	0.13	0.0	44.52	0.13	0.0			

VR: dispersed phase volume fraction

表35　実験結果（Run №DZ84-4）

Run №	DZ84-4
Column	Extraction Column
A／O	(28.9+112)ℓ/h ／ 64.5 ℓ/h
a×f	20 mm × 40 cpm

Feed	U	201.6 g/ℓ	Solvent	U	$<1.0\times10^{-3}$ g/ℓ
	H	3.01 N		H	N
	Zr	580 mg/ℓ			

	1		(3hr)		2		(8hr)		3		(11hr)	
	U(g/ℓ)	H(N)	VR(%)	Zr(mg/ℓ)	U(g/ℓ)	H(N)	VR(%)	Zr(mg/ℓ)	U(g/ℓ)	H(N)	VR(%)	Zr(mg/ℓ)
E－10	87.14	0.296	0	110	95.29	0.311	0	130	99.05	0.311	0	130
E－9	86.02	0.350	2.0	100	87.67	0.301	3.9	88	98.44	0.251	4.1	85
E－8	11.29	0.850	2.4	180	22.57	0.755	1.2	180	18.90	0.753	1.5	190
E－7	0.707		1.9	130	6.88×10^{-3}	0.855	2.3	140	5.3×10^{-3}		1.6	150
E－6	0.391		4.2	120	4.83×10^{-3}	0.864	1.6	120	4.6×10^{-3}	0.884	1.4	140
E－5	5.53×10^{-2}	0.850	2.3	110	3.09×10^{-3}	0.884	3.7	120	3.3×10^{-3}	0.884	4.0	130
E－4	5.02×10^{-3}	0.850	2.4	120	1.93×10^{-3}	0.874	1.1	98	2.9×10^{-3}		1.3	100
E－3	2.51×10^{-3}		1.6	78	1.93×10^{-3}	0.874	1.7	74	2.7×10^{-3}	0.864	1.8	79
E－2	3.48×10^{-3}	0.850	4.4	47	3.28×10^{-3}	0.803	1.8	43	2.5×10^{-3}	0.813	2.4	46
E－1	3.86×10^{-3}	2.66	100	310	2.90×10^{-3}	2.812	100	320	6.0×10^{-3}	2.862	100	340

VR：dispersed phase volume fraction

表36　実験結果（Run №DZ84−4）

Run №	DZ84−4
Column	Strip Column
A／O	97.6 ℓ/h ／ 64.5 ℓ/h
a×f	20 mm × 40 cpm
Feed	Ex product

	1		(3hr)		2		(8hr)		3		(11hr)	
	U(g/ℓ)	H(N)	VR(%)	Zr(mg/ℓ)	U(g/ℓ)	H(N)	VR(%)	Zr(mg/ℓ)	U(g/ℓ)	H(N)	VR(%)	Zr(mg/ℓ)
Sc−6	80.43	0.231	100	4	86.62	0.812	100	4	87.17	0.241	100	2
Sc−5	20.03	2.912	48.3	240	18.54	2.812	35.5	120	21.40	2.762	51.7	130
Sc−4	25.46	3.083	66.3	290	21.45	2.862	47	180	24.69	2.837	47.9	200
Sc−3	23.64	3.164	44.4	410	23.85		41.4	320	24.74		42.7	330
Sc−2	21.80	3.415	13.3	680	24.91	3.364	8.4	550	26.00	3.314	5.4	620
Sc−1	21.44	3.440	0	560	20.44	3.390	0	740	26.24	3.490	0	760

VR：dispersed phase volume fraction

表３７　実験結果（Run №DZ84－4）

Run №	DZ84－4
Column	Strip Column
A／O	11.2 ℓ/h ／ 64.5 ℓ/h
a×f	20 mm × 40 cpm
Feed	Sc product

	1		(3hr)		2		(8hr)		3		(11hr)	
	U(g/ℓ)	H(N)	VR(%)	Zr(mg/ℓ)	U(g/ℓ)	H(N)	VR(%)	Zr(mg/ℓ)	U(g/ℓ)	H(N)	VR(%)	Zr(mg/ℓ)
St－8	3.1×10^{-3}	4.03×10^{-3}	100	＜1	4.3×10^{-3}	3.69×10^{-3}	100	＜1	3.68×10^{-3}	4.14×10^{-2}	100	＜1
St－7	1.4×10^{-3}	1.88×10^{-2}	0.6	＜1	6.5×10^{-3}	2.18×10^{-2}	1.7	＜1	2.20×10^{-2}	2.09×10^{-2}	2.5	＜1
St－6	0.144		2.3	＜1	5.1×10^{-2}		2.3	＜1	0.101		2.2	＜1
St－5	2.22	2.09×10^{-2}	1.6	＜1	0.797	1.88×10^{-2}	2.2	＜1	1.00	1.76×10^{-2}	3.4	＜1
St－4	16.77	2.06×10^{-2}	2.3	2	7.74	2.13×10^{-2}	3.7	2	8.72	1.78×10^{-2}	1.8	2
St－3	34.83		1.6	＜1	21.21		2.4	＜1	22.56		1.6	＜1
St－2	50.90	7.0×10^{-2}	5.7	＜1	41.00	5.60×10^{-2}	2.9	＜1	40.53	6.9×10^{-2}	6.0	2
St－1	61.43	0.226	0	3	56.83	0.191	0	2	56.25	0.191	0	2

VR：dispersed phase volume fraction

表３８　実験結果（Run №DZ85−3CⅡ）

Run №	DZ85−3CⅡ
Column	Extraction Column
A／O	(21.5+15.3)ℓ/h ／ 53.2 ℓ/h
a×f	20 mm × 60 cpm

Feed	U	200.2 g/ℓ	Solvent	U	<0.001 g/ℓ
	H	3.00 N		H	0.09 N
	Zr	170			

	1		(4hr)		2		(6hr)		3		(8hr)	
	U(g/ℓ)	H(N)	VR(%)	Zr(mg/ℓ)	U(g/ℓ)	H(N)	VR(%)	Zr(mg/ℓ)	U(g/ℓ)	H(N)	VR(%)	Zr(mg/ℓ)
E−10	70.2	0.42	0	40	83.5	0.35	0		79.8	0.35	0	47
E−9	69.7	0.38	3.7	32					85.3	0.29		34
E−8	27.1	0.69	1.9	64					40.5	0.60		70
E−7	0.146		2.3	33					0.492			47
E−6	5.2×10^{-3}		1.5	29					1.1×10^{-2}			41
E−5	1.0×10^{-3}	0.78	3.1	27					4.4×10^{-3}	0.81		39
E−4	3.9×10^{-3}	0.80	1.6	22					2.5×10^{-3}	0.82		29
E−3	5.2×10^{-3}		3.6	18					4.1×10^{-3}			33
E−2	5.2×10^{-3}	0.77	2.3	11					4.3×10^{-3}	0.79		21
E−1	1.7×10^{-3}	2.81	100	73	1.7×10^{-3}	2.88	100		4.0×10^{-4}	3.00	100	110

VR: dispersed phase volume fraction

表39　実験結果（Run №DZ85−3CⅡ）

Run №	DZ85−3CⅡ
Column	Strip Column
A／O	15.3 ℓ/h ／ 53.2 ℓ/h
a × f	15 mm × 40 cpm
Feed	Ex product

	1			(4hr)	2			(6hr)	3			(8hr)
	U(g/ℓ)	H(N)	VR(%)	Zr(mg/ℓ)	U(g/ℓ)	H(N)	VR(%)	Zr(mg/ℓ)	U(g/ℓ)	H(N)	VR(%)	Zr(mg/ℓ)
Sc−6	75.0	0.29	100	<1	67.8	0.29	100		67.6	0.29	100	2
Sc−5	10.9	2.83	38.5	13					10.5	2.78		11
Sc−4	13.1	3.13	19.8	29					13.9	2.86		27
Sc−3	14.0		5.9	58					13.7			23
Sc−2	13.6	3.20	1.2	96					18.1	3.01		53
Sc−1	11.7	3.19	0	120	13.0	3.33	0		16.6	3.24	0	190

VR：dispersed phase volume fraction

表40　実験結果（Run №DZ85−3CⅡ）

Run №	DZ85−3CⅡ
Column	Strip Column
A／O	102.1 ℓ/h ／ 53.2 ℓ/h
a×f	20 mm × 60 cpm
Feed	Sc product

	1			(4hr)	2			(6hr)	3			(8hr)
	U(g/ℓ)	H(N)	VR(%)	Zr(mg/ℓ)	U(g/ℓ)	H(N)	VR(%)	Zr(mg/ℓ)	U(g/ℓ)	H(N)	VR(%)	Zr(mg/ℓ)
St−8	1.6×10^{-3}	9.0×10^{-4}	100	<1	1.55×10^{-3}	9.0×10^{-4}	100		1.0×10^{-3}	9.0×10^{-4}	100	<1
St−7	1.27×10^{-2}	0.02		<1					3.1×10^{-3}	0.02		
St−6	1.90×10^{-3}			<1					6.03×10^{-2}			
St−5	5.06×10^{-2}			<1					0.194			
St−4	1.57	0.02		<1					1.79	0.02		
St−3	8.98			<1					11.5			
St−2	22.6	0.06		<1					30.3	0.06		
St−1	41.2	0.19	0	<1	36.1	0.18	0		38.1	0.19	0	

VR: dispersed phase volume fraction

表41　実験結果（Run №CA-6）

Run №	CA-6
Column	Extraction Column
A／O	41.6(22.4) ℓ/h ／ 103.4 ℓ/h
a×f	20 mm × 40 cpm

Feed			Solvent		
	U	223 g/ℓ		U	$<1.0\times10^{-3}$ g/ℓ
	H	3.0 N		H	0.1 N

	1 (1hr)			2 (2hr)			3 (3hr)			4 (4hr)		
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
E-10	97.8	0.24		100	0.29		100	0.3		103	0.29	
E-9	86.1	0.32		78.9	0.38		82.0	0.41		83.4	0.42	
E-8	0.418	0.86		0.753	0.87		0.638	0.86		4.3	0.86	
E-7	1.57×10^{-2}	0.83		8.27×10^{-3}	0.86		7.2×10^{-3}			1.02×10^{-2}		
E-6												
E-5												
E-4												
E-3												
E-2												
E-1	2.34×10^{-3}	3.5		1.31×10^{-2}	2.77		1.10×10^{-2}	2.82		4.0×10^{-3}	2.9	

VR: dispersed phase volume fraction

表42　実験結果（Run №CA−6）

Run №	CA−6
Column	Extraction Column
A／O	41.6(22.4) ℓ/h ／ 103.4 ℓ/h
a×f	20 mm × 40 cpm

Feed	U	223 g/ℓ	Solvent	U	$<1.0\times10^{-3}$ g/ℓ
	H	3.0 N		H	0.1 N

	1 (5hr)			2 (6hr)			3 (7hr)			4 (8hr)		
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
E−10	93.7	0.29		104	0.29		107	0.29		107	0.29	
E−9	82.2	0.38		96.3	0.32		96.8	0.33		94.3	0.35	
E−8	12.1	0.82		15.7	0.86		8.8	0.85		6.0	0.86	
E−7	2.73×10^{-2}	0.87		3.94×10^{-2}			2.44×10^{-2}	0.86		1.42×10^{-2}	0.88	
E−6	4.71×10^{-2}									4.13×10^{-3}		
E−5	2.62×10^{-2}	0.84								3.88×10^{-3}	0.88	
E−4	6.09×10^{-3}	0.85								3.23×10^{-3}	0.88	
E−3	7.73×10^{-3}									2.77×10^{-3}		
E−2	6.83×10^{-3}	0.79								3.05×10^{-3}	0.79	
E−1	4.31×10^{-3}	2.92		4.98×10^{-3}	2.9		3.41×10^{-3}	2.83		4.43×10^{-3}	2.92	

VR：dispersed phase volume fraction

表43　実験結果（Run №CA−6）

Run №	CA−6
Column	Scrub Column
A／O	22.4 ℓ/h ／ 103.4 ℓ/h
a×f	20 mm × 30 cpm
Feed	Ex product

	1	(1hr)		2	(2hr)		3	(3hr)		4	(4hr)	
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
Sc−6	80.2	0.32		90.5	0.26		90.1	0.27		89.7		
Sc−5												
Sc−4												
Sc−3												
Sc−2												
Sc−1	11.2	3.08		19.7			24.0	3.4		27.8	3.45	

VR：dispersed phase volume fraction

表44　実験結果（Run № CA−6）

Run №	CA−6
Column	Scrub Column
A／O	22.4 ℓ/h ／ 103.4 ℓ/h
a×f	20 mm × 30 cpm
Feed	Ex product

	1	(5hr)		2	(6hr)		3	(7hr)		4	(8hr)	
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
Sc−6	92.4	0.3		91.1			90.9	0.3		92.6	0.31	
Sc−5	12.9	3.15	22.1							17.1	3.05	12.5
Sc−4	21.2	3.06	27.5							25.7	3.1	36.3
Sc−3	24.4		0.6							23.8		1.1
Sc−2	24.4	3.15	1.9							24.8	3.22	7.7
Sc−1	29.9	3.42		29.6	3.45		31.8	3.45		33.7	3.45	

VR：dispersed phase volume fraction

表45　実験結果（Run №CA－6）

Run №	CA－6
Column	Strip Column
A／O	141.7 ℓ/h ／ 103.4 ℓ/h
a×f	20 mm × 60 cpm
Feed	Sc product

	1	(1hr)		2	(2hr)		3	(3hr)		4	(4hr)	
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
St－8	1.68×10^{-2}	0.076		4.51×10^{-2}	0.076		6.44×10^{-2}	0.075		7.51×10^{-2}		
St－7												
St－6												
St－5												
St－4												
St－3	32.6	0.02		28.8	0.03		31.7	0.03		39.3	0.04	
St－2												
St－1	55.8	0.23		66.2	0.28		69.5	0.2		68.2	0.21	

VR：dispersed phase volume fraction

表46　実験結果（Run №CA−6）

Run №	CA−6
Column	Strip Column
A／O	141.7 ℓ/h ／ 103.4 ℓ/h
a×f	20 mm × 60 cpm
Feed	Sc product

	1	(5hr)		2	(6hr)		3	(7hr)		4	(8hr)	
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
St−8	9.43×10^{-2}			7.55×10^{-2}			8.01×10^{-2}			7.8×10^{-2}	7.60×10^{-2}	
St−7	0.34	0.02								0.241	0.02	
St−6	0.99									1.14		
St−5	3.4									2.57		
St−4	17.7	0.02								24.5	0.02	
St−3	29.5	0.04		37.0	0.04		37.5	0.04		27.3	0.04	
St−2	44.9	0.05								56.1	0.06	
St−1	70.8	0.19		72.1	0.22		71.4	0.20		70.0	0.2	

VR: dispersed phase volume fraction

表47　実験結果（Run №CA−7）

Run №	CA−7
Column	Extraction Column
A／O	37.8(34.9) ℓ/h ／ 104.6 ℓ/h
a×f	20 mm × 40 cpm

Feed	U	219 g/ℓ	Solvent	U	2.0×10^{-3} g/ℓ
	H	3.0 N		H	0.068 N

	1 (1hr)			2 (2hr)			3 (3hr)			4 (4hr)		
	U g/l	H(N)	VR %	U g/l	H(N)	VR %	U g/l	H(N)	VR %	U g/l	H(N)	VR %
E−10	94.9	0.36		92.2	0.38		92.9	0.37		91.8	0.37	
E−9	61.7	0.5		74.2	0.47		61.6	0.47		76.0	0.47	
E−8	0.961	0.86		0.948			0.524	0.87		0.479		
E−7	1.81×10^{-2}			8.99×10^{-3}			7.01×10^{-3}			5.03×10^{-3}		
E−6												
E−5												
E−4												
E−3												
E−2												
E−1	1.11×10^{-3}	2.95		3.59×10^{-3}	0.01		1.66×10^{-3}	3.09		8.99×10^{-4}	3.0	

VR：dispersed phase volume fraction

表48　実験結果（Run № CA−7）

Run №	CA−7
Column	Extraction Column
A／O	37.8(34.9) ℓ/h ／ 104.6 ℓ/h
a×f	20 mm × 40 cpm

Feed	U	219 g/ℓ	Solvent	U	2.0×10^{-3} g/ℓ
	H	3.0 N		H	0.068 N

	1 (5hr)			2 (6hr)			3 (7hr)			4 (7.5hr)		
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
E−10	91.0	0.41		87.7			87.3			92.8	0.38	
E−9	62.0	0.53		64.2			59.9			64.5	0.5	
E−8	0.332	0.89		0.564			0.366			0.344	0.88	
E−7	4.43×10^{-3}			1.15×10^{-2}			6.28×10^{-3}			2.88×10^{-3}		
E−6	4.06×10^{-3}									5.17×10^{-3}		
E−5	2.7×10^{-3}	0.87								3.24×10^{-3}	0.87	
E−4	3.59×10^{-3}									1.85×10^{-3}		
E−3	3.69×10^{-3}									2.88×10^{-3}		
E−2	2.7×10^{-3}	0.82								1.85×10^{-3}	0.81	
E−1	1.98×10^{-3}	2.87		9.23×10^{-4}			1.44×10^{-3}	3.0		1.44×10^{-3}	2.91	

VR: dispersed phase volume fraction

表49　実験結果（Run №CA−7）

Run №	CA−7
Column	Scrub Column
A／O	34.9 ℓ/h ／ 104.6 ℓ/h
a×f	20 mm × 30 cpm
Feed	Ex product

	1	(1hr)		2	(2hr)		3	(3hr)		4	(4hr)	
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
Sc−6	79.5	0.33		78.3			73.7	0.33		71.8		
Sc−5												
Sc−4												
Sc−3												
Sc−2												
Sc−1	11.5	3.33		11.5			15.7	3.35		15.5		

VR：dispersed phase volume fraction

表50　実験結果（Run № CA−7）

Run №	CA−7
Column	Scrub Column
A／O	34.9 ℓ/h ／ 104.6 ℓ/h
a × f	20 mm × 30 cpm
Feed	Sc product

	1	(5hr)		2	(6hr)		3	(7hr)		4	(7.5hr)	
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
Sc−6	77.7	0.33		72.1			80.2			80.8	0.37	
Sc−5	9.9	2.96	21.7							10.6	3.0	54
Sc−4	11.7	2.95	37.2							13.6	3.02	41
Sc−3	15.8		1.2							15.6		1.1
Sc−2	13.4	3.04	7.9							17.2	2.87	5.0
Sc−1	17.5	3.46		18.4			18.7			18.4	3.5	

VR：dispersed phase volume fraction

表51　実験結果（Run № CA−7）

Run №	CA−7
Column	Strip Column
A／O	143.3 ℓ/h ／ 104.6 ℓ/h
a×f	20 mm × 60 cpm
Feed	Sc product

	1	(1hr)		2	(2hr)		3	(3hr)		4	(4hr)	
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
St−8	9.60×10^{-3}	4.2×10^{-3}		1.38×10^{-2}	4.9×10^{-3}		1.74×10^{-2}	4.9×10^{-3}		2.73×10^{-2}		
St−7												
St−6												
St−5												
St−4												
St−3	25.3	0.024		25.0	0.024		24.7	0.026		32.4	0.027	
St−2												
St−1	55.3	0.25		58.7	0.26		62.7	0.28		62.0	0.27	

VR：dispersed phase volume fraction

表52　実験結果（Run № CA−7）

Run №	CA−7
Column	Strip Column
A／O	143.3 ℓ/h ／ 104.6 ℓ/h
a×f	20 mm × 60 cpm
Feed	Sc product

	1 (5hr)			2 (6hr)			3 (7hr)			4 (7.5hr)		
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
St−8	1.90×10^{-2}	4.4×10^{-3}		2.25×10^{-2}			1.99×10^{-2}			3.31×10^{-2}	4.9×10^{-3}	
St−7	0.167									0.162		
St−6	0.706									0.682		
St−5	2.40	0.020								2.30	0.021	
St−4	8.60	0.020								11.7	0.023	
St−3	30.9	0.025		34.1			30.5			28.0	0.025	
St−2	49.1	0.064								49.0	0.068	
St−1	63.6	0.28		64.1			61.3			63.0	0.28	

VR：dispersed phase volume fraction

表53　実験結果（Run № SU86−1A）

Run №	SU86−1A
Column	Extraction Column
A／O	46.3(+33.1)ℓ/h ／ 125.1 ℓ/h
a×f	20 mm × 40 cpm

Feed	U	212 g/ℓ	Solvent	U	<1 mg/ℓ
	H	3.0 N		H	N

Time	1 (1hr)		2 (2hr)		3 (3hr)		4 ( )		5 ( )		6 ( )	
	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)
E−10	88.9	0.47	92.5	0.39	96.9	0.38						
E−9	68.5		74.8		84.8	0.44						
E−8	84.4×10^{-3}		114×10^{-3}		152.5×10^{-3}	0.88						
E−7	10.6×10^{-3}		1.6×10^{-3}		1.2×10^{-3}							
E−6					1.0×10^{-3}	0.90						
E−5					2.2×10^{-3}							
E−4					2.3×10^{-3}	0.92						
E−3					1.1×10^{-3}							
E−2					0.07×10^{-3}	0.80						
E−1	0.47×10^{-3}	2.27	0.54×10^{-3}	2.61	0.67×10^{-3}	2.68						

VR: dispersed phase volume fraction

表54　実験結果（Run №SU86−1A）

Run №	SU86−1A
Column	Strip Column
A／O	33.1 ℓ/h ／ 125.1 ℓ/h
a × f	20 mm × 30 cpm
Feed	Ex product

Time	1 (1hr)		2 (2hr)		3 (3hr)		4 ( )		5 ( )		6 ( )	
	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)
Sc−6	78.1	0.30	80.8	0.30	77.7 / 75.1	0.30						
Sc−5					9.9	2.66						
Sc−4					18.0							
Sc−3					22.6	2.94						
Sc−2					23.3							
Sc−1	14.0	2.66	20.7	3.00	23.8	3.03						

VR：dispersed phase volume fraction

表55　実験結果（Run №SU86−1A）

Run №	SU86−1A
Column	Strip Column
A／O	155.1 ℓ/h ／ 125.1 ℓ/h
a×f	20 mm × 60 cpm
Feed	Sc product

Time	1 (1hr)		2 (2hr)		3 (3hr)		4 ( )		5 ( )		6 ( )	
	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)
St−8					23.8×10^{-3}	5.0×10^{-3}						
St−7					83.6×10^{-3}	0.021						
St−6					88.2×10^{-3}							
St−5					1.8	0.021						
St−4					6.4							
St−3	20.2		21.7		23.2	0.020						
St−2	47.9		45.0		48.0	0.070						
St−1	59.2		59.8		63.9	0.24						

VR：dispersed phase volume fraction

表56　実験結果（Run №SU86−1B）

Run №	SU86−1B
Column	Extraction Column
A／O	46.3(+33.1)ℓ/h ／ 125.1 ℓ/h
a×f	20 mm × 60 cpm

Feed	U	212 g/ℓ	Solvent	U	<1 mg/ℓ
	H	3.0 N		H	N

Time	1 (1hr)		2 (2hr)		3 (3hr)		4 ( )		5 ( )		(スタート)	
	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)
E−10	100.2	0.47	100.3	0.37	95.7	0.38					102.4	
E−9	90.4		83.6		93.7	0.45					74.5	
E−8	173.4×10^{-3}		203.1×10^{-3}		214.8×10^{-3}	0.89						
E−7	2.1×10^{-3}		2.6×10^{-3}		1.95×10^{-3}							
E−6					0.47×10^{-3}	0.83						
E−5					0.60×10^{-3}							
E−4					0.47×10^{-3}	0.90						
E−3					0.27×10^{-3}							
E−2					0.27×10^{-3}	0.81						
E−1	0.40×10^{-3}	2.66	0.47×10^{-3}	2.66	0.34×10^{-3}	2.68						

VR：dispersed phase volume fraction

表57　実験結果（Run №SU86−1B）

Run №	SU86−1B
Column	Scrub Column
A／O	33.1 ℓ/h ／ 125.1 ℓ/h
a×f	20 mm × 30 cpm
Feed	Ex product

Time	1 (1hr)		2 (2hr)		3 (3hr)		4 (　)		5 (　)		(スタート)	
	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)
Sc−6	82.3	0.32	83.6	0.32	83.5	0.30					81.5	
Sc−5					15.7	2.86						
Sc−4					22.0							
Sc−3					24.0	2.93						
Sc−2					26.4							
Sc−1	26.8	3.10	26.8	3.05	26.9	3.14					25.0	

VR：dispersed phase volume fraction

表58　実験結果（Run №SU86-1B）

Run №	SU86-1B
Column	Strip Column
A／O	155.1 ℓ/h ／ 125.1 ℓ/h
a×f	20 mm × 60 cpm
Feed	Sc product

Time	1 (1hr)		2 (2hr)		3 (3hr)		4 (　)		5 (　)		(スタート)	
	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)
St-8					26.8×10^{-3}	5.0×10^{-3}						
St-7					127.7×10^{-3}	0.021						
St-6					176.3×10^{-3}							
St-5					6.6	0.020						
St-4					21.2							
St-3	26.9		33.9		38.6	0.020						
St-2	48.2		49.7		56.6	0.078						
St-1	64.1		64.6		71.1	0.24					60.8	

VR：dispersed phase volume fraction

表59　実験結果（Run №SU86-2）

Run №	SU86-2
Column	Extraction Column
A／O	41.2(+34.8)ℓ/h ／ 119.0 ℓ/h
a×f	20 mm × 30 cpm

Feed	U	212 g/ℓ	Solvent	U	<1 mg/ℓ
	H	3.0 N		H	N

	1 (1hr)			2 (2hr)			3 (3hr)			4 (4hr)		
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
E－10	77.98	0.40		79.87	0.32		81.44	0.40				
E－9	41.94	0.46		42.51	0.61		46.70	0.61				
E－8	2.99×10^{-1}	0.78		3.06×10^{-1}	0.74		2.62×10^{-1}	0.84				
E－7							11×10^{-3}	0.85				
E－6							10×10^{-3}	0.73				
E－5							8×10^{-3}	0.86				
E－4							11×10^{-3}	0.72				
E－3							8×10^{-3}	0.71				
E－2							10×10^{-3}	0.73				
E－1	8×10^{-3}	2.19		5×10^{-3}	2.40		5×10^{-3}	2.45				

VR：dispersed phase volume fraction

表60　実験結果（Run № SU86−2）

Run №	SU86−2
Column	Scrub Column
A／O	34.8 ℓ/h ／ 119.0 ℓ/h
a × f	20 mm × 30 cpm
Feed	Ex product

	1	(1hr)		2	(2hr)		3	(3hr)		4	(hr)	
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
Sc−6	71.66	0.35		73.78	0.34		72.84	0.33				
Sc−5							11.67	2.89				
Sc−4							14.36	2.91				
Sc−3							16.93	2.96				
Sc−2							16.39	2.98				
Sc−1	12.89	2.86		17.51	2.95		18.05	3.05				

VR : dispersed phase volume fraction

表61　実験結果（Run № SU86−2）

Run №	SU86−2
Column	Strip Column
A／O	183.2 ℓ/h ／ 119.0 ℓ/h
a×f	20 mm × 60 cpm
Feed	Sc product

	1	(1hr)		2	(2hr)		3	(3hr)		4	(hr)	
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
St−8	3.1×10^{-3}	8.6×10^{-2}		1.22×10^{-1}	6.6×10^{-2}		1.25×10^{-1}	5.8×10^{-2}				
St−7							3.06×10^{-1}	2.7×10^{-2}				
St−6							5.43×10^{-1}	1.8×10^{-2}				
St−5	1.21	1.6×10^{-2}		1.071	2.0×10^{-2}		1.477	1.8×10^{-2}				
St−4							4.44	1.7×10^{-2}				
St−3	12.45	4.3×10^{-2}		18.70	2.8×10^{-2}		18.65	2.8×10^{-2}				
St−2	31.54	1.2×10^{-1}		37.09	1.6×10^{-1}		32.75	1.3×10^{-1}				
St−1	46.8	4.5×10^{-1}		48.29	5.0×10^{-1}		46.37	4.3×10^{-1}				

VR：dispersed phase volume fraction

表62　実験結果（Run № SU86−3）

Run №	SU86−3
Column	Extraction Column
A／O	41.2(+34.9)ℓ/h ／ 118.1 ℓ/h
a×f	20 mm × 40 cpm

Feed	U	212 g/ℓ	Solvent	U	<1 mg/ℓ
	H	3.0 N		H	N

Time	1 (1hr)		2 (2hr)		3 (3hr)		4 (4hr)		5 ( )		6 ( )	
	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)
E−10	73.6	0.34	66.7	0.40	77.9	0.40	82.6	0.40				
E−9							43.6	0.62				
E−8	4.1×10^{-1}	0.76	4.4×10^{-1}	0.84	5.7×10^{-1}	0.85	4.2×10^{-1}	0.86				
E−7							3.7×10^{-2}	0.86				
E−6							1.0×10^{-2}	0.86				
E−5							5.3×10^{-3}	0.85				
E−4							4.9×10^{-3}	0.84				
E−3							4.9×10^{-3}	0.76				
E−2							3.8×10^{-3}	0.71				
E−1	2.3×10^{-3}	2.00	2.3×10^{-3}	2.49	2.3×10^{-3}	2.60	2.7×10^{-3}	2.60				

VR：dispersed phase volume fraction

表63　実験結果（Run № SU86−3）

Run №	SU86−3
Column	Scrub Column
A／O	34.9 ℓ/h ／ 118.1 ℓ/h
a×f	20 mm × 40 cpm
Feed	Ex product

Time	1 (1hr)		2 (2hr)		3 (3hr)		4 (4hr)		5 ( )		6 ( )	
	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)
Sc−6	73.6	0.32	75.0	0.34	73.7	0.34	75.4	0.34				
Sc−5							9.6	2.94				
Sc−4							10.5	2.94				
Sc−3							12.6	2.99				
Sc−2							12.1	2.99				
Sc−1	10.9	2.49	13.6	3.09	14.4	3.09	14.9	3.19				

VR：dispersed phase volume fraction

表64　実験結果（Run №SU86−3）

Run №	SU86−3
Column	Strip Column
A／O	159.1 ℓ/h ／ 118.1 ℓ/h
a×f	20 mm × 60 cpm
Feed	Sc product

Time	1 (1hr)		2 (2hr)		3 (3hr)		4 (4hr)		5 ( )		6 ( )	
	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)	U(g/ℓ)	H(N)
St−8	4.9×10^{-2}	6.8×10^{-4}	1.4×10^{-1}	2.7×10^{-3}	1.2×10^{-1}	2.7×10^{-3}	1.2×10^{-1}	2.7×10^{-3}				
St−7							5.0×10^{-1}	0.020				
St−6							8.9×10^{-1}	0.019				
St−5							2.55	0.020				
St−4							57.4	0.020				
St−3							24.1	0.030				
St−2							44.8	0.060				
St−1	47.1	0.27	55.0	0.27	54.1	0.27	55.9	0.27				

VR：dispersed phase volume fraction

表65　実験結果（Run №SU86-4）

Run №	SU86-4
Column	Extraction Column
A／O	41.2(+33.8)ℓ/h ／ 119.0 ℓ/h
a×f	20 mm × 40 cpm

Feed	U	210 g/ℓ	Solvent	U	<1 mg/ℓ
	H	3.0 N		H	N

	1 (hr)			2 (hr)			3 (hr)			4 (hr)		
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
E－10	77.2	0.40		78.7	0.40		76.0	0.41		78.6	0.41	
E－9										51.8	0.57	
E－8	2.84	0.77		2.45	0.79		3.69	0.84		4.44	0.84	
E－7										0.32	0.86	
E－6										5.7×10^{-2}	0.86	
E－5										9.9×10^{-3}	0.85	
E－4										7.6×10^{-3}	0.82	
E－3										4.6×10^{-3}	0.77	
E－2										1.6×10^{-3}	0.65	
E－1	1.9×10^{-3}	2.10		1.1×10^{-3}	2.39		3.4×10^{-3}	2.44		1.5×10^{-3}	2.45	

VR: dispersed phase volume fraction

表66　実験結果（Run № SU86−4）

Run №	SU86−4
Column	Scrub Column
A／O	33.8 ℓ/h ／ 119.0 ℓ/h
a × f	20 mm × 60 cpm
Feed	Ex product

	1	(1hr)		2	(2hr)		3	(3hr)		4	(4hr)	
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
Sc−6	71.6	0.35		70.7	0.36		73.8	0.36		72.9	0.37	
Sc−5										9.83	2.99	
Sc−4										10.7	2.99	
Sc−3										11.2	3.04	
Sc−2										10.7	3.09	
Sc−1	9.27	2.69		5.89	3.09		11.0	3.24		11.1	3.24	

VR：dispersed phase volume fraction

表67　実験結果（Run No. SU86-4）

Run No.	SU86-4
Column	Strip Column
A／O	157.9 ℓ/h ／ 119.0 ℓ/h
a×f	20 mm × 60 cpm
Feed	Sc product

	1	(1hr)		2	(2hr)		3	(3hr)		4	(4hr)	
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
St-8	6.7×10^{-2}	7.8×10^{-4}		0.185	7.8×10^{-4}		0.204	7.8×10^{-4}		0.125	7.8×10^{-4}	
St-7										0.295	0.023	
St-6										0.696	0.023	
St-5										2.00	0.023	
St-4										7.19	0.023	
St-3										27.9	0.035	
St-2										45.0	0.085	
St-1	49.6	0.29		22.7	0.29		53.7	0.30		54.4	0.29	

VR：dispersed phase volume fraction

表68 実験結果(Run No. SU86-9)

Run No.	SU86-9
Column	Extraction Column
A/O	21.2+(17.8)ℓ/h / 49.5 ℓ/h
a×f	20 mm × 40 cpm

Feed	U	262 g/ℓ	Solvent	U	g/ℓ
	H	3.0 N		H	N

	1 (0.5hr)			2 (1hr)			3 (1.5hr)			4 (2hr)		
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
E-10	104.97			107.54			112.83			117.72		
E-9	113.12			113.12			114.32			121.67		
E-8	40.52			40.52			34.9			42.58		
E-7	0.213			0.251			0.195			0.437		
E-6	9.5×10^{-3}			11.8×10^{-3}			12.9×10^{-3}			18.2×10^{-3}		
E-5	7.2×10^{-3}			5.7×10^{-3}			4.2×10^{-3}			4.2×10^{-3}		
E-4												
E-3												
E-2												
E-1												

VR: dispersed phase volume fraction

表69 実験結果（Run №SU86-9）

Run №	SU86-9
Column	Extraction Column
A／O	21.2+(17.8)ℓ/h ／ 49.5 ℓ/h
a×f	20 mm × 40 cpm

Feed	U	262 g/ℓ	Solvent	U	g/ℓ
	H	3.0 N		H	N

	1 (2.5hr)			2 (3hr)			3 (3.5hr)			4 (4hr)		
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
E－10	123.4			121.98			126.1			126.1		
E－9	122.7			99.62			129.33			128.11		
E－8	36.05			68			80.9			89.23		
E－7	0.957			0.99			3.03			6.05		
E－6	39.9×10^{-3}			0.0399			36.1×10^{-3}			50.9×10^{-3}		
E－5	19.7×10^{-3}			6.5×10^{-3}			7.6×10^{-3}			21.6×10^{-3}		
E－4												
E－3												
E－2												
E－1												

VR：dispersed phase volume fraction

表70 実験結果（Run № SU86-9）

Run №	SU86-9
Column	Extraction Column
A／O	21.2+(17.8)ℓ/h ／ 49.5 ℓ/h
a × f	20 mm × 40 cpm

Feed	U	262 g/ℓ	Solvent	U	g/ℓ
	H	3.0 N		H	N

	1 (4.5hr)			2 (5hr)			3 (hr)			4 (hr)		
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
E－10	131.48			134.22	0.19							
E－9	131.3			132.54	0.23							
E－8	95.7			103.71	0.47							
E－7	17.03			23.02								
E－6	0.233			0.297	0.864							
E－5	8.0×10^{-3}			14.8×10^{-3}								
E－4				6.1×10^{-3}	0.45							
E－3				6.1×10^{-3}								
E－2				3.8×10^{-3}	0.79							
E－1				2.3×10^{-3}	2.98							

VR：dispersed phase volume fraction

表７１　実験結果（Run №SU86－9）

Run №	SU86－9
Column	Scrub Column
A／O	17.8 ℓ/h ／ 49.5 ℓ/h
a×f	20 mm × 30 cpm
Feed	Ex product 134.2

	1	(0.5hr)		2	(1hr)		3	(1.5hr)		4	(2hr)	
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
Sc－6	92.05			91.71			92.88			92.35		
Sc－5												
Sc－4												
Sc－3												
Sc－2												
Sc－1	14.52			16.84			19.95			22.66		

VR：dispersed phase volume fraction

表72 実験結果(Run № SU86-9)

Run №	SU86-9
Column	Scrub Column
A/O	17.8 ℓ/h / 49.5 ℓ/h
a×f	20 mm × 30 cpm
Feed	Ex product 134.2

	1 (2.5hr)			2 (3hr)			3 (3.5hr)			4 (4hr)		
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
Sc-6	95.11			98.26 (98.83)			99.41 (98.03)			100.67 (99.66)		
Sc-5												
Sc-4												
Sc-3												
Sc-2												
Sc-1	24.37			28.11			28.88			32.15		

VR : dispersed phase volume fraction

表73 実験結果(Run № SU86-9)

Run №	SU86-9
Column	Scrub Column
A/O	17.8 ℓ/h / 49.5 ℓ/h
a×f	20 mm × 30 cpm
Feed	Ex product 134.2

	1 (4.5hr)			2 (5hr)			3 (hr)			4 (hr)		
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
Sc-6	98.38 (101.95)			101.61 (102.13)	0.2							
Sc-5				15.7	3.0							
Sc-4				20.85								
Sc-3				27.77	2.98							
Sc-2				29.49								
Sc-1	35.59			38.47	3.07							

VR : dispersed phase volume fraction

表74　実験結果（Run №SU86−9）

Run №	SU86−9
Column	Strip Column
A／O	81.8 ℓ/h ／ 49.5 ℓ/h
a×f	20 mm × 60 cpm
Feed	Sc product 101.6

	1 (0.5hr)			2 (1hr)			3 (1.5hr)			4 (2hr)		
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
St−8												
St−7												
St−6												
St−5												
St−4												
St−3												
St−2												
St−1	69.04			69.91			66.65			65.78		

VR：dispersed phase volume fraction

表75　実験結果（Run №SU86－9）

Run №	SU86－9
Column	Strip Column
A／O	81.8 ℓ/h ／ 49.5 ℓ/h
a×f	20 mm × 6.0 cpm
Feed	Sc product 101.6

	1	(2.5hr)		2	(3hr)		3	(3.5hr)		4	(4hr)	
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
St－8												
St－7												
St－6												
St－5												
St－4												
St－3												
St－2												
St－1	63.25			61 (62.17)			63.76 (59.72)			60.92 (62.06)		

VR：dispersed phase volume fraction

表76 実験結果(Run № SU86-9)

Run №	SU86-9
Column	Strip Column
A/O	81.8 ℓ/h / 49.5 ℓ/h
a×f	20 mm × 60 cpm
Feed	Sc product 101.6

	1 (4.5hr)			2 (5hr)			3 (hr)			4 (hr)		
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
St-8				0.308	1.94×10^{-3}							
St-7				0.496	0.012	→再分析						
St-6				0.579								
St-5				1.2	0.012	→再分析						
St-4				1.27								
St-3				8.78	0.053	→再分析						
St-2				36.3	0.039							
St-1	59.94 (59.17)			58.81 (60.06)	0.068							

VR: dispersed phase volume fraction

表77　実験結果（Run № SU86-10）

Run №	SU86-10
Column	Extraction Column
A／O	41.2(+30.9)ℓ/h ／ 102.8 ℓ/h
a×f	20 mm × 40 cpm

Feed	U	212 g/ℓ	Solvent	U	$<1.0\times10^{-3}$ g/ℓ
	H	3.0 N		H	N

	1 (1hr)			2 (2hr)			3 (3hr)			4 (4hr)		
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
E－10	92.99	0.307		89.27	0.34		91.24	0.36		91.26	0.38	0.0
E－9										83.91	0.42	13.5
E－8	1.032	0.826		0.715	0.72		2.05	0.835		0.427	0.86	2.6
E－7										0.409		2.7
E－6										1.82×10^{-2}	0.84	2.8
E－5										7.21×10^{-3}		5.8
E－4										5.70×10^{-3}	0.85	2.9
E－3										1.90×10^{-3}		4.4
E－2										3.04×10^{-3}	0.79	5.5
E－1	5.70×10^{-3}	1.84		6.45×10^{-3}	2.22		4.18×10^{-3}	2.45		6.83×10^{-3}	2.66	100

VR：dispersed phase volume fraction

表78　実験結果（Run №SU86−10）

Run №	SU86−10
Column	Scrub Column
A／O	30.9 ℓ/h ／ 102.8 ℓ/h
a×f	20 mm × 30 cpm
Feed	Ex product

	1	(1hr)		2	(2hr)		3	(3hr)		4	(4hr)	
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
Sc−6	85.34	0.25		82.32	0.302		85.27	0.288		82.36	0.30	0.0
Sc−5										83.98	0.31	2.79
Sc−4	88.35	0.36		84.72	0.316		87.17	0.288		84.61	0.29	7.53
Sc−3										87.46	0.31	5.72
Sc−2	90.30	0.27		86.37	0.330		90.15	0.31		89.16	0.32	7.30
Sc−1	8.62	2.81		7.70	3.12		9.51	3.20		9.75	3.23	100

VR：dispersed phase volume fraction

表79　実験結果（Run № SU86-10）

Run №	SU86-10
Column	Strip Column
A／O	134.9 ℓ/h ／ 102.8 ℓ/h
a×f	20 mm × 60 cpm
Feed	Sc product

	1 (hr)			2 (hr)			3 (hr)			4 (hr)		
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
St-8	0.260	5.0×10^{-3}		0.274	2.8×10^{-3}		0.232	2.8×10^{-3}		0.178	1.4×10^{-3}	100
St-7										0.583	2.0×10^{-2}	1.01
St-6										0.935		2.20
St-5										2.28	2.1×10^{-2}	6.88
St-4										2.44		7.17
St-3										15.21	2.3×10^{-2}	16.6
St-2										45.50	5.3×10^{-2}	6.55
St-1	58.87	0.273		70.19	0.250		72.72	0.290		65.00	0.247	0.0

VR：dispersed phase volume fraction

表80　実験結果（Run №SU86−12）

Run №	SU86−12
Column	Extraction Column
A／O	45(+30.1) ℓ/h ／ 102.8 ℓ/h
a×f	20 mm × 40 cpm

Feed	U	220 g/ℓ	Solvent	U	$<1.0\times10^{-3}$ g/ℓ
	H	3.0 N		H	N

	1	(1hr)		2	(2hr)		3	(3hr)		4	(4hr)	
	U g/l	H(N)	VR %	U g/l	H(N)	VR %	U g/l	H(N)	VR %	U g/l	H(N)	VR %
E−10	88.8	0.43		93.0			101.0			112.6	0.41	0.0
E−9										24.7	0.76	12.8
E−8	0.750			1.244			6.47			5.69	0.96	1.6
E−7	5.2×10^{-2}	0.96		3.6×10^{-2}			9.1×10^{-2}			9.5×10^{-2}		2.9
E−6										1.3×10^{-2}	1.01	2.0
E−5										1.0×10^{-2}		4.8
E−4										8.7×10^{-3}	0.91	1.6
E−3										9.1×10^{-3}		2.0
E−2										9.5×10^{-3}	1.01	3.2
E−1	$<1.0\times10^{-3}$	2.84		1.1			1.1			$<1.0\times10^{-3}$	2.89	100

VR：dispersed phase volume fraction

表81　実験結果（Run №SU86-12）

Run №	SU86-12
Column	Scrub Column
A／O	30.1 ℓ/h ／ 102.8 ℓ/h
a×f	20 mm × 40 cpm
Feed	Ex product

	1	(1hr)		2	(2hr)		3	(3hr)		4	(4hr)	
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
Sc-6	78.6	0.46		77.4	0.41		89.2			97.2	0.41	0.0
Sc-5										91.0		5.7
Sc-4										97.4	0.30	5.3
Sc-3										104.3		6.1
Sc-2										95.0	0.35	10.1
Sc-1	6.73	2.74		3.30			13.9			21.4	3.24	100

VR：dispersed phase volume fraction

表82　実験結果（Run № SU86−12）

Run №	SU86−12
Column	Strip Column
A／O	139.4 ℓ/h ／ 102.8 ℓ/h
a×f	20 mm × 60 cpm
Feed	Sc product

	1	(1hr)		2	(2hr)		3	(3hr)		4	(4hr)	
	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %	U gl	H(N)	VR %
St−8	1.0×10^{-2}	7.0×10^{-3}		1.0×10^{-2}			0.201			0.201	7.0×10^{-3}	0.0
St−7										0.394	1.0×10^{-2}	1.6
St−6	3.3×10^{-2}	6.3×10^{-3}		0.302	8.8×10^{-3}		0.780	7.5×10^{-3}		1.08	9.2×10^{-3}	4.6
St−5										3.01		5.5
St−4	0.680	1.3×10^{-2}		8.41	8.8×10^{-3}		5.04	7.5×10^{-3}		8.13	1.8×10^{-2}	3.1
St−3	9.56			25.4	1.4×10^{-2}		18.6	1.3×10^{-2}		27.2	1.7×10^{-2}	2.7
St−2	46.3	1.9×10^{-2}		56.3			50.0	2.6×10^{-2}		59.2	2.5×10^{-2}	5.7
St−1	50.2			65.7	0.24		66.3	0.22		75.7	0.21	100

VR：dispersed phase volume fraction