

## 〈集談会報告〉

## 病理検査における有機溶剤リサイクルシステム

宇佐見 公一 北澤 綾 佐藤 由美 泉田 佳緒里  
 小林 由美子 木下 律子 桜井 友子 村山 守  
 渡辺 芳明 阿部 康彦 太田 玉紀 本間 慶一  
 根本 啓一

## 要旨

廃棄物から有限な資源を効率的に活用するリサイクルの推進や廃棄物抑制は、環境問題の意識の高まりから注目され、限りある資源を浪費せず、環境への負荷ができる限り低減する循環型システムの構築が望まれている。当病理部では平成12年7月から沸点の違いを利用した蒸留により、アルコール、キシレン及び代替キシレンを再生する高純度有機溶剤リサイクルシステム9700型“プロサイクラープラス”を導入した。エチルアルコール、キシレンを使用後、可能な限り再利用することとし、リサイクルする廃液の分別に若干の検討を加え、当院独自の効率的な回収システムを構築し運用している。リサイクルシステム導入による削減の効果をみるため、運用方法の確立後、平成13年1月から12月の1年間の新規購入量、再生量から使用量を算出し、試薬購入費及び廃液処分費の削減効果を比較検討した。本システムの導入によるキシレン再生率は69%、エチルアルコールの再生率は53%、経費削減率は64%で、廃液は導入前の1/4に減少した。システムはマイコン制御で自動運転されているため、操作は容易で、日常業務に大きな負担はなく、廃棄溶剤減少に伴う大気汚染の低減効果と共に、溶剤購入並びに廃棄に関わる費用削減の効果が得られるものと思われる。

## はじめに

廃棄物から有限な資源を効率的に活用するリサイクルの推進や廃棄物抑制は、環境問題の意識の高まりから注目され、限りある資源を浪費せず、環境への負荷ができる限り低減する循環型システムの構築が望まれている。

リサイクルシステム導入前年度(平成11年度)、当病理部では、組織診、細胞診、剖検で組織ブロック44,000個、スライド標本78,000枚が作成され、使用されたエチルアルコール、キシレンは、回収することなく産業廃棄物として廃棄されていた。平成12年7月から高純度有機溶剤リサイクルシステムを導入して、エチルアルコール、キシレンを使用後、可能な限り再利用することとし、リサイクルする廃液の分別に若干の検討を加え、当院独自の効率的な回収システムを構築し運用している。本システムは廃棄溶剤減少に伴う大気汚染の低減効果と共に、溶剤購入並びに廃棄に関わる費用削減の効果もあり、病理検査室における循環型システム構築の好例と思われるのでここに紹介する。

## 特 徴

高純度有機溶剤リサイクルシステム9700型“プロサイクラープラス”(米国B/R社製 白井松器械)は、沸点の違いを利用した蒸留による再生法で、アルコール、キシレン及び代替キシレンを再生するシステムである。本システムには、ガス漏れセンサー、温度センサーが装備され、最大17Lの原液処理が可能で、蒸留回路は2系統独立しており、リサイクル溶液の変更時に加熱処理タンクや蒸留回路、蒸留カラムの洗浄の操作が不要である(図1)。

## 蒸留の原理と限界

単蒸留装置では液相→気相→液相の変化を1回だけ起こして目的成分を濃縮するが、1回の蒸留で目的とする純度が得られない場合は同じ操作を繰り返さなければならない。本システムでは蒸留カラムを使用することで、1回の蒸留から連続精留と同じ効果が得られる(図2)。

エチルアルコールと水の混合液は、アルコール96wt%で共沸する。この時の沸点は、100%アルコール

の沸点よりも低く、従って、蒸留による回収アルコールは、96wt%が限界濃度となる。またアルコールに混入したキシレンを完全に除去できない。キシレン中の不純物を分離するのにキシレンの損失を伴う。このような限界があるので、有効なリサイクルを行うためには、廃液の分別回収と、アルコールへのキシレン混入の防止が重要になる。

### リサイクルの対象

廃液は、①キシレン廃液、②キシレンを含まないエチルアルコール廃液（脱水系列のエチルアルコール、包埋装置のエチルアルコール、エチルアルコール固定液）、③少量のキシレンを含むエチルアルコール廃液（脱パラフィン系列のエチルアルコール、包埋装置の洗浄用エチルアルコール）、④脱脂用廃液（エチルアルコール・キシレン等量混合液）の4つ

に分け、それぞれ分別回収した。①の廃液はキシレン、②の廃液はアルコールを再生し再利用することとした。③の廃液は廃棄処分とし、必要に応じ再生し包埋装置の洗浄用アルコールとして使用した（表1）。

### キシレン混入の防止と確認

包埋装置の洗浄工程終了後に、レトルト槽内に残留したキシレンを含むエチルアルコールを除去することで、エチルアルコール廃液に含まれるキシレンを0.2%にまで下げることが可能になった。この程度のキシレンの混入なら、アルコールを再生使用しても問題なかった。キシレンを完全に除去できなかったのは、包埋装置内の経路に、キシレン、エチルアルコールの共有部があるためと思われる。キシレンの混入は再生アルコールの質に関わるので、アルコール・リサイクル時にキシレンの混入の有無を確認することは重要である。我々がやっている方法は、水200mlにエチルアルコール廃液を2～3 mlまでチェックし、白濁や油膜が生ずるほどのキシレン混入材料ではアルコール・リサイクルを中止し、廃棄とした。

### 実際の運用

廃液は処理量を測定し、アルコール廃液はアルコール濃度とキシレンの混入の有無も確認した後、リサイクルプログラムを選択してスタートさせる。マイコン制御部は蒸留を自動制御し、不具合があればアラームが鳴り運転を止め、故障状況が表示される為、稼動中に監視する必要はほとんどなく、回収終了後は自動停止する。

回収終了後、アルコール・リサイクルではアルコール濃度、液量、キシレンの混入の有無を確認、キシレン・リサイクルではキシレンの液量、分離された不純物の液量、残留物の量をそれぞれ測定した。リサイクル前後の成分を表に示す（表2）。

次に、リサイクルシステム導入による削減の効果をみるため、運用方法の確立後、平成13年1月から12月の1年間の新規購入量、再生量から使用量を算出し、試薬購入費及び廃液処分費の削減効果を比較検討した。

### 一年間のリサイクルの実績

キシレン・リサイクルではキシレンは年間104缶（再生キシレン72缶、新規購入キシレン32缶）使用され、キシレン廃液89缶が回収、72缶のキシレンが再生された。再生されたキシレンの純度はサンプルの分析で99.7%であった。廃液の回収率は86%、廃液からの回収率は81%、使用量に対する再生率は69%であった（表3）。11缶の不純物が回収され、不

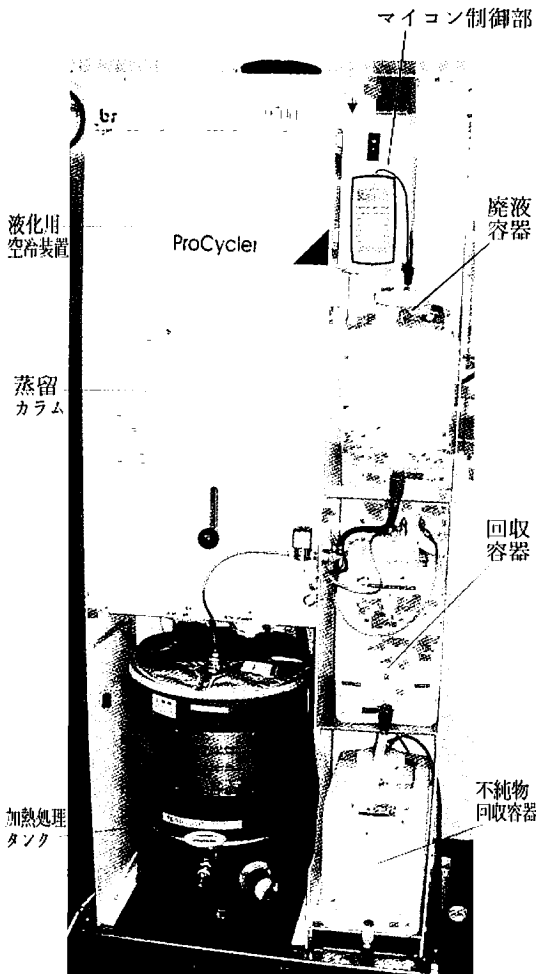


図1 高純度有機溶剤リサイクルシステム9700型  
“プロサイクラープラス”

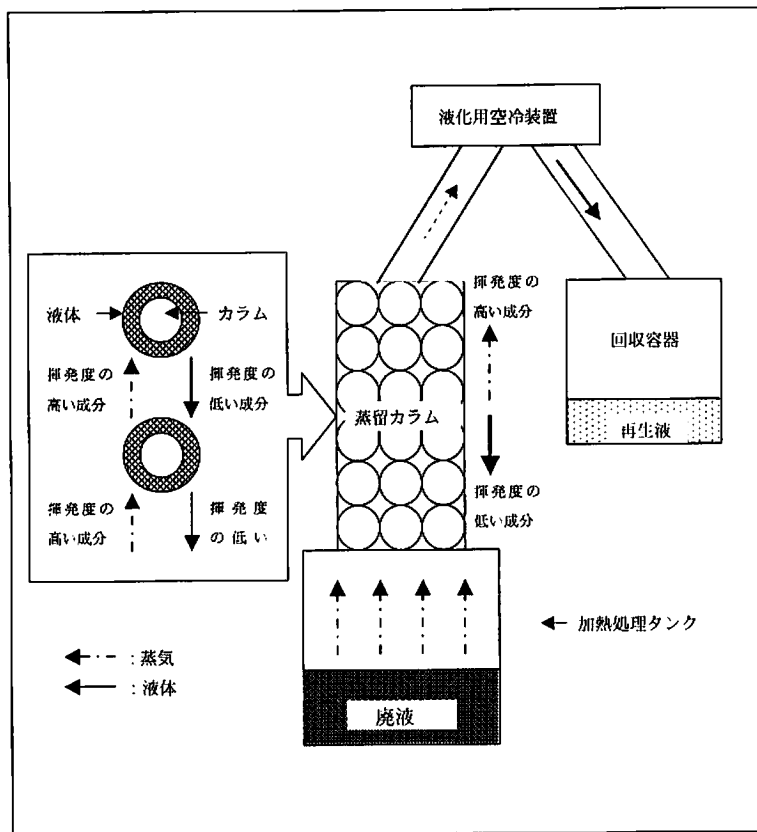
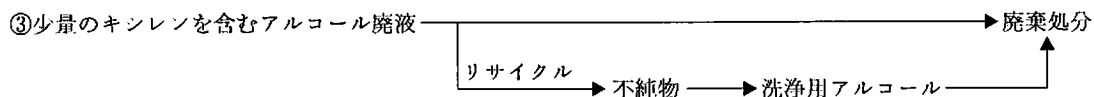
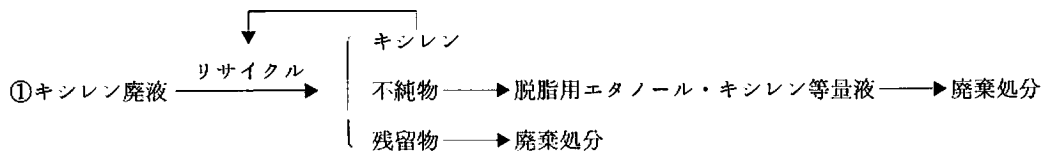


図2 リサイクル装置の原理

表1 廃液別リサイクル後の使用用途

・キシレン・リサイクルプログラム



・アルコール・リサイクルプログラム

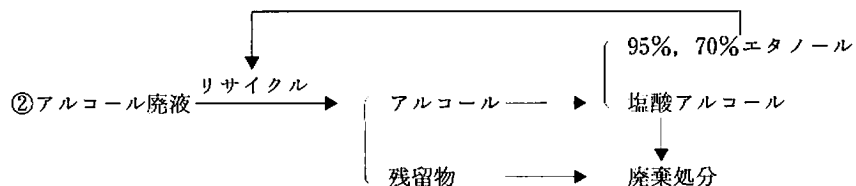


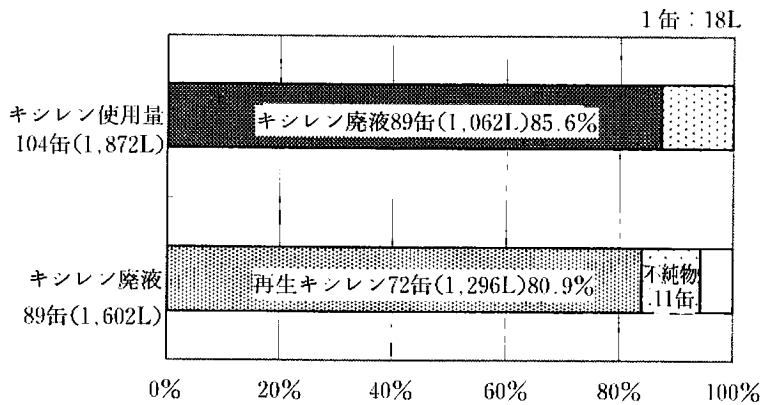
表2 リサイクル前後の成分表

	エタノール廃液			キシレン廃液		
	エタノール	キシレン	水	キシレン	エタノール	水
リサイクル前	91.8%	0.2%	8.0%	91.5%	8.2%	0.3%
リサイクル後	93.3%	0.1%	6.6%	99.7%	0.3%	0.0%

容量%

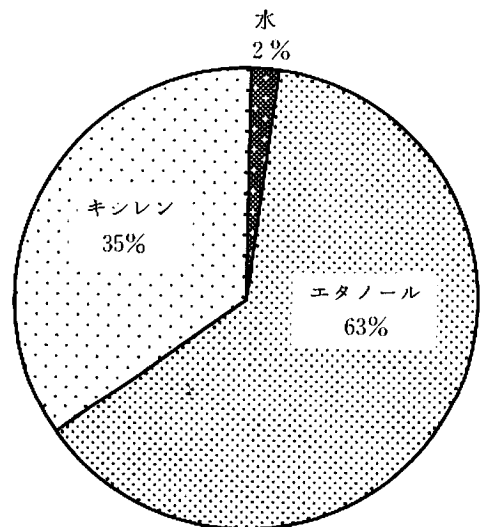
ガスクロマトグラフ法による分析

表3 1年間のキシレン・リサイクル実績



純物のサンプルをガスクロマトグラフィーで分析した結果、不純物の約半分の量のキシレンが損失することが判明した(表4)。廃液を分別することで、回収率が上がることを証明していると同時に、キシレン濃度が35%以下の廃液はキシレンを蒸留分離できないことをあらわしているものと思われる。不純物にはキシレンが35%含まれるので、キシレン含有量が50%になるようにキシレンを加え調整し、脱脂用の溶剤(エチルアルコール・キシレン等量混合液)として使用した。

表4 不純物の成分



ガスクロマトグラフ法による分析

アルコール・リサイクルではエチルアルコールは年間181缶(平均アルコール濃度94.0%再生エチルアルコール82缶、100%新規購入エチルアルコール85缶、洗浄用アルコール14缶)使用され、エチルアルコール廃液を136缶回収、そのうち105缶がリサイクル可能で、96缶のエチルアルコールが再生された。廃液の回収率75%、廃液のリサイクル率は77%、エチルアルコールの回収率は91%、使用量に対する再生率は53%であった(表5)。キシレンに比べ、エチルアルコール廃液の回収率が低いのは蒸発によるものと推測される。リサイクル用廃液の平均アルコール濃度は90.3%、再生エチルアルコールの平均アルコール濃度は94.0%であった。キシレンの濃度は、サンプルの分析でリサイクル前は0.2%、リサイクル後で0.1%であった。再生されたエチルアルコールの

濃度は廃液の濃度に影響され95%に満たない場合があった。未調整のものは、脱パラフィン系列のアルコールとして使用し、100%エチルアルコールを混ぜ、95%に調整したものは、固定用、Pap染色の95%エチルアルコールとして使用した。その他に、70%

表5 1年間のアルコール・リサイクル実績

1缶：18L

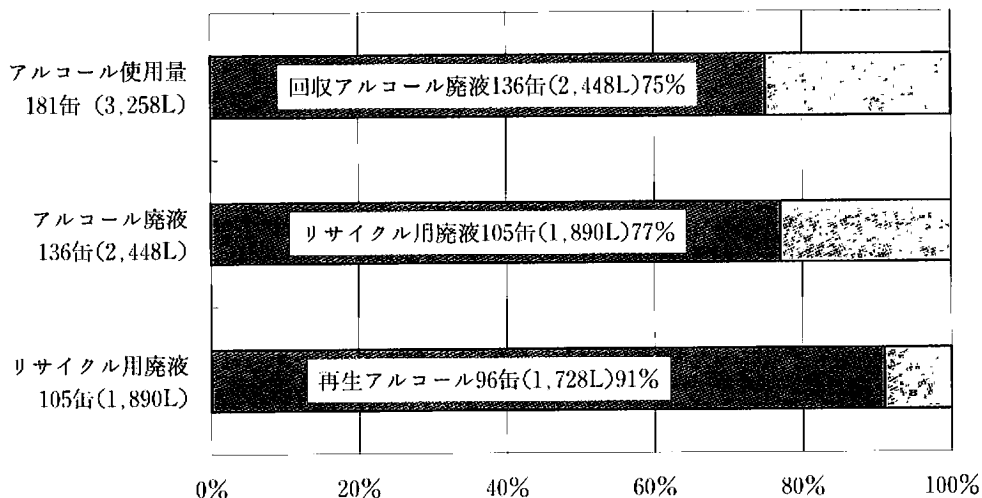


表6 リサイクルシステムによる経費削減内訳

期間	アルコール 購入缶数 購入経費	キシレン 購入缶数 購入経費	廃液缶数 廃棄経費	回収回数 回収経費	合計
2001年1月～ 2001年12月					
リサイクル 未実施	181缶 ¥595,550	104缶 ¥586,405	236缶 ¥660,800	24回 ¥240,000	¥2,082,755
リサイクル後	85缶 ¥288,150	32缶 ¥180,245	57缶 ¥159,600	12回 ¥120,000	¥747,995
削減額	¥307,400	¥406,160	¥501,200	¥120,000	¥1,334,760
経費削減率	51.6%	69.3%	75.8%	50.0%	64.1%

アルコール、塩酸アルコールにも使用した。

100%エチルアルコール作製のため、強力乾燥剤モレキュラシーブ3A(武藤化学株式会社)で脱水を試みた。脱水効果は認められたが、アルコールの損失が多いのとモレキュラシーブ3Aの再生が難しく、この方法は断念した。100%エチルアルコールは新規購入とし、包埋装置の包埋用アルコール、染色の脱水系列に使用している。現在のところ、再生エチルアルコールの過不足はなく、モレキュラシーブ3Aによる脱水操作は必要ないと思われる。

少量のキシレンを含むエチルアルコール廃液は、アルコール・リサイクルプログラムでリサイクルを行うと、アルコール用の蒸留カラムにキシレン成分が残留し次のアルコール・リサイクルにキシレン成分が混入するため、キシレン・リサイクルプログラムで行っている。回収されたエチルアルコール(少量のキシレンを含む)は包埋装置の洗浄用アルコ

ールとして使用が可能で、キシレンが低濃度のためキシレンは分離されなかった。洗浄用アルコールとして再生使用されたアルコール(キシレンを少量含む)は14缶であった。最後に残ったキシレン混入エチルアルコール廃液は、廃棄業者に廃棄を依頼したが、廃液はリサイクル導入前の1/4に削減することができた。

尚、サンプルの分析方法はガスクロマトグラフ法で、装置はヒューレットパッカード社製HP-6850、カラムはPlot-Q30meter、検出器はTCD、キャリアガスはヘリウム、計算は面積法で行われた。

平成13年1月から12月の1年間のリサイクルによる経費削減の内訳を表に示した。リサイクル未実施とは、1年間の新規購入量と再生量から使用量を算出し、すべて購入したと仮定した場合の購入予想価格と、リサイクルした廃液量を廃棄したと仮定した経費で計算した。合計64.1%の経費削減率であった

(表6)。年間リース料84万円、ランニングコストは月平均17日稼働で年間3万円程度、リース料、ランニングコストを含めても、経費削減効果は認められた。契約上、リース料は6年後無料になる点も特記したい。

## 考 察

本システムのアルコール・リサイクルでは、キシレンは完全に分離されないため、純度の高いアルコールを回収するためにはキシレンの混入を最小限に防ぐ事、即ち廃液の分別収集が重要であった。分別された廃液から得られた再生エチルアルコールのサンプルの分析でキシレン含有量は0.1%であった。しかし、再生アルコールにこの程度のキシレンが残留していても、固定や染色性、作成された標本の質には問題がなかったため、診断に影響することはないと判断された。キシレンを含む脱パラフィン系列のアルコール、包埋装置の洗浄用アルコールはアルコール・リサイクルには適さなかった。しかし、キシレン・リサイクルを通すことにより洗浄用アルコールとしては利用可能であったので、アルコールのリサイクル率、再生率を約10ポイント上げることができた。

キシレン・リサイクルでは、水、アルコールを分離するのにキシレンを損失するが、これも分別を徹底することで回収率を上げることが可能であった。また、キシレン・リサイクルで得られた不純物にキシレンを加える(全量の15%)ことで脱脂川(エチルアルコール・キシレン等量混合液)として使用することが可能である。脱脂川に使用した不純物を再びキシレン・リサイクルすることにより、加えた量に相当するリサイクル量の約15%のキシレンを回収する事が可能であったが、経済合理性は低いと考えられた。

リサイクルシステムは万能ではなく、その特性を熟知したうえで運用しなければ効率のよい結果は得られない。本システムに関しては、エチルアルコー

ル・リサイクルにおいては共沸現象による再生アルコール濃度の限界やキシレンが除去できないこと、キシレン・リサイクルにおいては不純物(主に水、エチルアルコール)を分離するのにその1/2量のキシレンが損失することが挙げられる。それぞれに合わせた分別回収の方法、キシレン混入の確認方法、キシレン混入の防止策などの対策、それぞれの再生溶剤の用途が重要であった。即ち、廃液を正しく分別収集して本システムを適切に運用すれば、合理的で経済的な病理検査室におけるアルコール、キシレンのリサイクル並びに廃液削減が可能である。また、今後はリサイクルの精度管理が必要で、少なくとも年1回のサンプルによる再生液の成分分析が必要と思われる。

以上、当院病理部におけるアルコール、キシレン・リサイクルシステムを紹介した。しかし、本来の目的はリサイクルではなく、効率的な資源の利用と廃棄物の抑制にある。現在、当病理部では、有機溶剤使用量の削減も検討中であり、有機溶剤使用量の削減による廃棄物抑制も視野に入れた、環境への負荷をできる限り低減する病理検査システムの改善も考えなければならないと思われる。

## 結 語

本リサイクルによるキシレンの再生率は69%、エチルアルコールの再生率は53%であった。再生液使用による標本の質に問題はなく、診断に影響するものは認められなかった。システムはマイコン制御で自動運転されているため、操作は容易で、日常業務に大きな負担はなく、試薬購入費及び廃液処分費の削減と、大気汚染の低減に効果が得られるものと思われた。

## 文 献

- 1) 日本化学会編第4版：実験化学講座1、基本操作1、pp31-62、丸善株式会社