

平成 12 年度厚生科学研究費補助金（生活安全総合研究事業）

分担研究報告書

高分子素材からなる生活関連製品由来の内分泌かく乱化学物質の分析および動態解析

容器包装素材等からの内分泌かく乱化学物質の動態

血液バッグ保存血液中の内分泌かく乱化学物質の分析

主任研究者 中澤裕之

星薬科大学

分担研究者 宮崎 豊

愛知県衛生研究所

研究協力者 猪飼誉友

近藤文雄

伊藤裕子

岡 尚男

松本 浩

愛知県衛生研究所

要旨

輸血用血液バッグから溶出するテトラヒドロフラン（THF）および2-エチル-1-ヘキサノールの溶出挙動、および、これらの物質がバッグから溶出する原因の調査を行なうとともに、実際の医療に用いられる輸血用血液に含まれる揮発性有機化合物の実態について調査を行なった。さらに、人工透析用の透析膜およびそれに付随して使われる血液回路から溶出する物質の予備調査を実施した。THF および 2-エチル-1-ヘキサノールの溶出挙動調査として、豚の血液を血液バッグに詰めて20日間の保存実験を行なった結果、豚血液中のこれら化合物の濃度は、保存開始後数日間は急速に上昇したが、その後、THFはほぼ一定のレベルを維持し、2-エチル-1-ヘキサノールは緩やかに上昇を続け、それぞれの最高濃度はTHFで36.3ppm、2-エチル-1-ヘキサノールでは4.5ppmであった。溶出源としては、THFはバッグ製造時に用いられる接着剤が、2-エチル-1-ヘキサノールはバッグの可塑剤に使われているフタル酸ジエチルヘキシル（DEHP）中の不純物として含まれているものであることが示唆された。輸血用血液に含まれる揮発性有機化合物等の実態調査は、日本赤十字社より提供された濃厚赤血球液を用いて行なった。その結果、THF および 2-エチル-1-ヘ

キサノールが ppm レベルという高濃度で検出されただけでなく、トルエン、キシレンなどの芳香族系有機溶剤も ppb レベルで検出され、保存中にこれらの化合物が血液バッグから溶出している可能性が強く示唆された。また、ヒトの血液透析に用いられている透析膜等から溶出するこれらの化合物の予備調査として、透析に用いられる血液回路の洗浄廃液に含まれる揮発性有機化合物を分析したところ、ジクロロメタン、メチルエチルケトン、テトラヒドロフラン、シクロヘキサン、エチルベンゼン、キシレンなどが ppm ~ 数十 ppb のオーダーで検出された。

A. 研究目的

現在の医療現場では高分子素材を原料とした器具や容器がいたるところで使用されており、これらの器具・容器等から溶出する様々な化学物質が、内分泌かく乱作用など人の生体機能に悪影響を及ぼすことが懸念されている。特に、輸血用の血液を保存する血液バッグは、そのなかで血液が長期間保存されるため、また、人工透析用の透析膜や血液回路は、構造が複雑で血液との接触面積が大きいだけでなく、そのなかを大量の血液が通過するため、同じ材質を用いた他の器具や容器に比べより多くの物質が溶出する恐れがあり、これらのものからの化合物の溶出の実態調査が早急に必要と考えられる。

著者らは前年度の研究において、輸血用血液バッグに詰めて冷蔵保存した豚血液を分析した結果、その血液中にはバッグからの溶出などによりトルエンやキシレン、さらには、現在内分泌かく乱作用が疑われているスチレンモノマーなどの芳香族系有機溶剤が ppb ~ 数十 ppb のレベルで存在する

だけでなく、テトラヒドロフラン (THF) および 2-エチル-1-ヘキサノールが ppm レベルで大量に存在することを報告している。そこで今年度の研究では、大量に溶出する考えられるこれら有機化合物の溶出挙動、および、その溶出原因についても検討を加えることとした。また、日本赤十字社の血液保管庫で、血液バッグに入れて冷蔵保存されていた濃厚赤血球液を分析することにより、実際の医療現場で使用されている輸血用の血液に含まれている揮発性有機化合物の実態について予備的調査を実施した。さらに、人工透析用の透析膜・血液回路から溶出する揮発性有機化合物についても予備調査を併せて実施した。

B. 研究方法

1. 試薬および材料

揮発性有機化合物の標準品には「水中の揮発性有機化合物分析用標準溶液」(54 種混合メタノール溶液, 各成分 1mg/mL, 東京化成 S06052) を、THF、2-エチル-1-ヘキサノール、シクロヘキサン、メチルエチル

ケトン、ジクロロメタンには和光純薬製特級試薬を、また、内部標準物質として使用したベンゼン-d6、トルエン-d8、エチルベンゼン-d8、o, m, p-キシレン-d8、スチレン-d8、p-ジクロロベンゼン-d4 は CDN Isotopes 社製（ケベック，カナダ）を、メタノールには和光純薬製残留農薬分析用を、その他については、和光純薬製の特級試薬を使用した。血液バッグについては、JMS 製 S-200、カワスミ製 カーミ C 液、テルモ製 血液バッグ CPD の 3 種類（いずれも採血容量 200 mL，CPD 液入り）を、透析膜ユニットには、旭メディカル製 AM FP-200 および AM UP-180、ニプロ製 FB-150U および FB-190E、カワスミ製 PS-1.9UW の 5 種類を、血液回路にはニプロ製 NS-MEI YOU CL.3 を、洗浄用生理食塩水には扶桑薬品工業製フィシザルツ-FC をそれぞれ用いた。

2. 試料の調製、処理および分析操作

血液バッグ と畜場において、と殺された豚から血液約 10 リットルをステンレス製バケツに採取し、十分攪拌して均一化した。その血液を 3 種類の血液バッグ各 10 個に約 200 g ずつ充填した後、チューブを 2 カ所結さくしてバッグを密封した。血液の充填は、独自に考案した器具を用い、バッグ装着の採血針およびチューブを経由して行なった。それらとは別に、コントロールとしてバッグに詰めたものと同じ血液約 500mL を 50 mL 遠沈管 10 本に採取した。これらを衛生研究所に持ち帰り、血液バッグについては 6 の冷蔵庫中に保存した。保存 0 日（約 6 時間） および 1、2、4、8、12、16、20 日後

にバッグを各 1 個ずつ開封して血液を 50 mL 遠沈管に移し、遠心分離（3000rpm，20 分）した後、上層に分離された血清を別の遠沈管にデカントにより移し、キャップをして分析を実施するまでの期間、-30 で凍結保存した。試料を解凍し、その 0.1~1.0mL を、精製飽和食塩水 14mL および内部標準液 3uL が入ったヘッドスペースバイアルに加えた後、バイアルのヘッドスペース部分を、ハイドロカーボントラップを通した超高純度ヘリウム（99.99999%）でパージして素早く密封し、ヘッドスペース-GC/MS 分析に供した。濃厚赤血球液については、その 0.5mL を上述の操作と同じようにヘッドスペースバイアルに封入した後、分析に供した。

透析膜洗浄液 医療機関の透析膜洗浄現場において行なわれる透析膜および血液回路の洗浄操作の過程で得られた洗浄廃液、すなわち、血液回路（動脈側）から流入し、透析膜ユニットを通過して、血液回路（静脈側）より流出した生理食塩水を約 130mL ごとに 15mL ずつ採取し、内部標準液 3uL とともにヘッドスペースバイアルに入れ、ヘリウムでパージ後密封し、ヘッドスペース-GC/MS 分析に供した。

採血針 試料を 10mL のメタノールで 15 分間浸せき抽出し、その抽出液を飽和食塩水で 150 倍希釈した溶液 15mL をヘッドスペースバイアルに採り、同様の処理後、ヘッドスペース-GC/MS にて分析した。

フタル酸ジエチルヘキシル（DEHP） 試料 1g を MilliQ 水 50mL に加えて振とうした溶液、および、試料 1g を MilliQ 水 50mL 中に

拡散させた状態でオートクレーブ処理（120、20分）して得られた溶液について、それぞれの水相部分 1mL を精製飽和食塩水 14mL が入ったヘッドスペースバイアルに加えた後、同様に分析した。

3. 分析条件

ヘッドスペース条件

装置：Tekmer 7000 (Tekmer) バイアル容量：22mL (Chromacol, CV-22) バイアル加熱条件：70 (20分) バイアル振とう装置：使用 (Power 5, 3分) サンプルループ容量：1mL サンプルループ温度：150
トランスファーライン温度：160

GC/MS 条件

装置：AUTO MASS SYSTEM II (日本電子) カラム：Vocol (0.25 mm x 60 m, 1.5 μm, Sperc) カラム温度：40 で4分間保持し、230 まで毎分 10 で昇温後、230 で5分間保持。
イオン源温度：210 イオン化：EI イオン化電圧：70 eV 検出方法：スキャン法 (m/z 46-260) モニターイオン：ベンゼン (m/z 78) トルエン (m/z 91) エチルベンゼン (m/z 91) o, m, p-キシレン (m/z 91) スチレン (m/z 104) p-ジクロロベンゼン (m/z 111) THF (m/z 71) 2-エチル-1-ヘキサノール (m/z 112) シクロヘキサノール (m/z 84) メチルエチルケトン (m/z 72) ジクロロメタン (m/z 84) ベンゼン-d6 (m/z 84) トルエン-d8 (m/z 98) エチルベンゼン-d8 (m/z 98) o, m, p-キシレン-d8 (m/z 98) スチレン-d8 (m/z 112) p-ジクロロベンゼン-d4 (m/z 115)

4. 標準液等

希釈用精製飽和食塩水 500 で加熱処理後、放冷した食塩 900g を MilliQ 水 3L に溶解した。この溶液を、60 で加温しながら、ハイドロカーボントラップを通した超高純度ヘリウム (流量；約 100mL/分) で 60 分間ばっ気した後、減圧下で 10 分間超音波脱気した。この精製操作を 3 回繰り返した後、得られた溶液を、ヘッドスペースバイアルに 14mL ずつ分注し、バイアルのヘッドスペース部分を前述のヘリウムでパージした後、素早くキャップして保存し、豚血清、濃厚赤血球液等を分析する際の希釈液として用いた。

内部標準溶液 ベンゼン-d6、トルエン-d8、エチルベンゼン-d8、o, m, p-キシレン-d8、スチレン-d8、p-ジクロロベンゼン-d4 およびナフタレン-d8 の 0.5ppm メタノール溶液を用いた。

器具・容器等 今回、50 mL 遠沈管は全てイワキ硝子製テフロンパッキン付きのスクリュウキャップ型を用いた。遠沈管部分は、洗剤およびメタノールで洗浄し、180 で2時間加熱処理後、ヘリウムを吹き付けたものを、キャップ部分は洗剤およびメタノールによる洗浄後、ヘリウムを吹き付けたものを使用した。ヘッドスペースバイアルについては、180 で2時間加熱処理後、ヘリウムを吹き付けたものを、バイアル密封用のキャップについては、80 で2時間加熱処理後、ヘリウムを吹き付けて使用した。

C. 結果と考察

1. 血液バッグ

著者らは昨年度の本研究で、国内3社が製造した血液バッグから3種類の揮発性物質が大量に溶出することを報告したが、その後構造が確認された2種類の物質、THFおよび2-エチル-1-ヘキサノールの血液中への溶出挙動について、昨年度と同様の方法により調査を実施した。すなわち、豚血液を血液バッグ(各メーカーの製品10個)に詰め一定期間冷蔵庫に保存した後に取りだし、遠心分離によって分離した血清をヘッドスペース-GC/MS分析に供するという方法により、血液中に溶出したTHFおよび2-エチル-1-ヘキサノールの量を測定した。定量は、コントロール血清に標準添加して作成した検量線を用いる標準添加法により実施した。

図1に20日間冷蔵保存した豚血液から分離した血清のトータルイオンクロマトグラム(TIC)を示した。THFおよび2-エチル-1-ヘキサノールが、調査対象として用いたいずれのメーカーの製品に保存された血液の分析においても主要なピークとして認められており、その濃度は表1に示したように、保存開始後1~2日間は急速に上昇し、その後、THFはほぼ一定のレベルを維持し、2-エチル-1-ヘキサノールは緩やかに上昇する傾向が認められた。血清中の両物質の濃度は、保存された血液バッグ製品により大きく異なっていた。保存開始2日目から20日目までの6試料の測定値の平均濃度および最高濃度は、THFではカワスミ製バッグ

に保存されていた血液がそれぞれ25.5ppmおよび36.3ppmと最も高く、次いでテルモ製(平均4.5ppm、最高4.9ppm)JMS製(平均2.3ppm、最高3.2ppm)のバッグに保存されていた血液の順であった。また、2-エチル-1-ヘキサノール濃度も、カワスミ製バッグに保存されていたものが平均3.5ppm、最高4.5ppmと最も高く、次いでJMS製(平均2.0ppm、最高3.0ppm)最も低かったのはテルモ製(平均1.6ppm、最高2.5ppm)であった。

これらの化合物が血液バッグ中に存在する原因についてメーカーへの聞き取り調査を実施した。その結果、THFについては、バッグに付属しているチューブと採血針とを接合するための接着剤に溶剤として使われていたものが、そのまま残留したのであろうとの回答を得た。一方、2-エチル-1-ヘキサノールについては、バッグに可塑剤として使われているフタル酸ジエチルヘキシル(DEHP)の未反応物、あるいは、バッグをオートクレーブにより滅菌する際に、DEHPが加水分解して生成したもののいずれかと推察されるとの回答を得た。そこで、メーカーの協力により血液バッグ用採血針の半製品3種類(金属針のみ、プラスチック製ハブが装着されたもの、および、ハブおよび針先保護用のキャップが装着されたもの)と血液バッグ製造時に用いられるDEHP原体を入手し、血液バッグの原材料ともいえる物質に含まれるこれらの化合物の分析を試みた。

3種類の採血針試料については、メタノー

ルで浸せき抽出し、得られた溶液を飽和食塩水で希釈した後、分析を行なった。その結果、からは、いずれの化合物も検出されなかったが、およびからは採血針 1 本からメタノール中に溶出する量として 62ng および 95ng の THF が検出された。この結果から、およびの部分から THF が保存血中に混入する可能性のあることが示唆された。

DEHP 原体の分析は、水抽出液、および、試料を水とともにオートクレーブ処理した後に水抽出した溶液を用いて実施した。その結果、いずれの抽出液からも 2-エチル-1-ヘキサノールが検出され、その濃度は、前者が 126ppb、後者では 189ppb であった。この結果から、これらの血液バッグには、その製造に可塑剤として用いられている DEHP の不純物として 2-エチル-1-ヘキサノール（未反応原料）が含まれていることが明らかとなった。このことから、保存血液から検出された 2-エチル-1-ヘキサノールは血液の保存中にバッグから溶出してきたものである可能性が示唆された。

今回の実験では、オートクレーブ処理を行なった DEHP 抽出液中の 2-エチル-1-ヘキサノール濃度は、それを行なわなかった抽出液に比べ、1.5 倍高いものであった。しかしながら、今回使用した抽出法では DEHP 中に含まれる 2-エチル-1-ヘキサノールの一部しか抽出されないことから、その抽出誤差や実験の再現性等を考慮すると、この程度の濃度差ではオートクレーブ処理により血液バッグからの 2-エチル-1-ヘキサノ

ールの溶出が増大すると断定することは難しく、さらに詳細な検討が必要と考えられる。

2 濃厚赤血球液

日本赤十字社より、血液保管庫にテルモ製の血液バッグに 21 日間冷蔵保存された濃厚赤血球液（4 試料）の提供を受け、これらの試料に含まれる揮発性有機化合物を分析した。その結果、トルエンが平均濃度で 4.6ppb、スチレンモノマーが 1.7ppb、エチルベンゼンが 1.3ppb、キシレンが 1.0ppb、p-ジクロロベンゼンが 1.0ppb、また、THF が 3.7ppm、2-エチル-1-ヘキサノールが 11.3ppm 検出された。これらの結果、および、比較対照データとして、同じメーカーのバッグを用いて昨年度から今年度にかけて行なった豚血液の保存実験結果（0～20 日間冷蔵保存した血液より検出された各化合物の検出濃度と範囲）および、当研究所の職員より提供を受け、ガラス容器に保存した（1 日）人血液 30 試料の分析結果を表 2 に示した。

濃厚赤血球液から検出された芳香族系化合物（p-ジクロロベンゼン以外）の濃度とガラス容器に保存した人血液の濃度を比較したところ、前者の方が明らかに後者よりも高かった。この結果は、濃厚赤血球液の保存容器として用いられた血液バッグからの上述化合物の溶出を示唆するものと考えられる。さらに、これらの化合物の濃度値には非常に小さなばらつきしか認められなかったことから、バッグから溶出するそれ

それぞれの化合物の量は、ほぼ一定であることを示唆するものと考えられる。

ヒト濃厚赤血球液の分析結果と豚血液を用いた溶出挙動調査結果を比較したところ、検出された化合物は両者ともほぼ同じであった。一方、芳香族系化合物の濃度については豚血液の方が高い傾向にあったが、2-エチル-1-ヘキサノールについてはヒト濃厚赤血球の方が数倍高かった。これらの違いについては、バッグの保存環境（温度および空気中の対象物質の濃度）、保存試料（ヒト濃厚赤血球液と豚全血の違い、試料中の脂質含量の違いなど）、採血後の処理（血液成分分離の有無）や、使われたバッグ（全血保存用と成分血保存用の違い）の違いなど様々な要因が複雑に関係していると考えられる。したがって、実際の医療現場で使われる輸血用血液中の揮発性有機化合物混入の実態を明らかにするには、今回のような実際の保存血液を多数分析し、解析を加えることが不可欠であると思われる。

3 透析膜ユニットおよび血液回路

人工透析に用いられる透析膜ユニット、および、それに付随して使われる血液回路は、使用前に洗浄を行なう必要があり、洗浄液としては生理食塩水を 1L 程度用いるのが一般的である。そこで今回、透析膜および血液回路から溶出する物質の予備調査として、医療機関で透析膜を洗浄する際に得られる洗浄廃液を採取し、そこに含まれる揮発性物質の分析を行なった。その結果、表 3 および図 2 に示したように、今回調査

した膜ユニットおよび血液回路からは、膜の材質や型式により違いはあるが、ジクロロメタン、メチルエチルケトン、THF、シクロヘキサン、エチルベンゼン、キシレンなどの溶出（10ppb 以上）が認められ、なかには ppm オーダーにまで達する物質もあった。また、数 ppb 程度の濃度ではあるが、トルエン、ベンゼン、1,2-ジクロロエタン、スチレンなどの溶出が示唆されている。その他、現在のところまだ完全に同定するまでには至っていないが、プロパナール、ヘキサナール、ヘプタナール等のアルデヒド類やシクロヘキサノンなども溶出している可能性がある。これらの化学物質の溶出量は、洗浄時間と共に減少したが、減少の割合は溶出物質や膜の材質によって大きく異なり、洗浄終了時においても ppm～サブ ppm のオーダーにまでしか減少しない物質もあるなど、一般的な洗浄法では十分な洗浄効果が得られない場合があることが強く示唆された。これら洗浄効果が異なる原因については、膜の細孔径、膜材質と溶出物質との親和性、および、溶出物質の生理食塩水への溶解性などが関与しているものと考えられる。

洗浄が終了した後の透析膜および血液回路は装置にセットされ、血液が送られて透析が開始される。しかし血液中には、脂質類などの低極性物質がいくらか含まれており、それらと上述の溶出物質とは親和性が高いことから、実際の血液透析時には洗浄終了時よりも溶出量が増える可能性や、上述とは別の物質が溶出される可能性など、

新たな問題も考えられる。いずれにしても、今後詳細な調査を行なう必要があるものと考えられる。

D. 結論

1 豚血液を用いて、血液バッグから溶出する THF および 2-エチル-1-ヘキサノールの溶出挙動を調べた結果、豚血清中のこれら化合物の濃度は、保存開始後数日間は急速に上昇し、その後、THF はほぼ一定のレベルを維持し、2-エチル-1-ヘキサノールは緩やかに増加する傾向が認められた。それぞれの濃度は、保存に使用した血液バッグ製品ごとに異なっていたが、THF では数十 ppm にまで達することが明らかとなった。

2 日本赤十字社で血液バッグ中に保存されていた濃厚赤血球液中より、THF および 2-エチル-1-ヘキサノールが ppm レベルで検出された。また、トルエン、キシレン、スチレンモノマーなどの芳香族系有機化合物も数 ppb の濃度で検出された。これら芳香族系有機化合物の濃度は、新鮮ヒト血液

中の濃度よりも明らかに高く、保存中にバッグからこれら物質が血液中に溶出していることが強く示唆された。

3 人工透析用透析膜ユニット洗浄廃液中の揮発性有機化合物を分析した結果、ジクロロメタン、メチルエチルケトン、THF、シクロヘキサン、エチルベンゼン、キシレンなどが ppm ~ 数十 ppb のオーダーで検出され、これらの物質は、生理食塩水を用いた通常の洗浄操作では、十分除去できない場合があることが示唆された。

謝辞

本研究に際し、血液バッグ製造部品である採血針および可塑剤の DEHP を提供して下さいましたテルモ株式会社、および、濃厚赤血球液を提供いただきました日本赤十字社 名古屋血液センターに深謝いたします。

表1 血液バッグから豚血液中に溶出するテトラヒドロフランおよび2-エチル-1-ヘキサノールの経時変化

JM S S-200 (200m L)								
測定化合物	保 存 日 数							
	0	1	2	4	8	12	16	20
テトラヒドロフラン	1.3	1.5	2.3	3.2	1.5	2.7	2.3	2.1
2-エチル-1-ヘキサノール	0.3	1.0	1.4	1.8	1.5	2.1	2.4	3.0

カワスミ カーミC液 (200m L)								
測定化合物	保 存 日 数							
	0	1	2	4	8	12	16	20
テトラヒドロフラン	15.1	25.7	18.8	24.6	27.0	23.2	36.3	23.2
2-エチル-1-ヘキサノール	0.6	1.7	2.2	2.6	3.8	3.6	4.2	4.5

テルモ 血液バッグCPD (200m L)								
測定化合物	保 存 日 数							
	0	1	2	4	8	12	16	20
テトラヒドロフラン	3.8	3.6	4.9	4.8	4.4	4.5	4.1	4.1
2-エチル-1-ヘキサノール	0.3	0.6	1.2	1.4	1.3	1.5	1.7	2.5

(単位 : ppm)

表2 濃厚赤血球液の分析結果

測定化合物	単位	血液バッグ中に保存		人血清 ³ 平均値(検出数/検査数)
		濃厚赤血球液 ¹ 平均値(範囲)	豚血清 ² 検出濃度範囲	
ベンゼン	ppb	ND	ND - 9.6	0.6 (2/30)
トルエン	ppb	4.6 (4.0 - 5.3)	0.8 - 16.0	1.0 (12/30)
m,p-キシレン	ppb	1.0 (0.8 - 1.2)	0.8 - 4.6	0.8 (13/30)
o-キシレン	ppb	ND	ND - 1.1	ND (0/30)
エチルベンゼン	ppb	1.3 (1.0 - 1.6)	ND - 3.2	0.6 (1/30)
スチレンモノマー	ppb	1.7 (1.5 - 2.0)	ND - 2.0	0.5 (1/30)
p-ジクロロベンゼン	ppb	1.0 (0.7 - 1.4)	ND - 2.5	17.6 (29/30)
テトラヒドロフラン	ppm	3.7 (3.3 - 4.3)	3.6 - 4.9	-
2-エチル-1-ヘキサノール	ppm	11.3 (9.7-13.5)	0.3 - 2.5	-

ND : 0.5ppb未満

- 1 日本赤十字社の血液保管庫に21日間冷蔵保存されていた濃厚赤血球液 (n=4, 保存バッグ:テルモ製)
- 2 本研究で行なった豚血液の保存実験結果(保存期間:0 - 20日, 保存バッグ:テルモ製)
- 3 衛生研究所職員ボランティアより採取した血清 (n=30, ガラス容器に保存)

表3 透析膜・血液回路の洗浄廃液から10ppb以上検出された物質およびその濃度変化

AM FP-200 (旭メディカル製、膜素材：キュプロアンモニウムレーヨン)

	洗 浄 液 量 (mL)					
	20	150	280	410	540	670
テトラヒドロフラン	1720	1340	990	420	170	90
シクロヘキサン	27	25	16	10	< 10	< 10

AM UP-180 (旭メディカル製、膜素材：キュプロアンモニウムレーヨン)

	洗 浄 液 量 (mL)					
	20	150	280	410	540	670
テトラヒドロフラン	1700	1530	900	420	170	100
シクロヘキサン	35	28	21	13	< 10	< 10

FB-150U (ニプロ製、膜素材：セルローストリアセテート)

	洗 浄 液 量 (mL)					
	20	150	280	410	540	670
ジクロロメタン	> 2000	> 2000	> 2000	-	650	410
テトラヒドロフラン	180	20	20	-	20	20
エチルベンゼン	14	15	14	-	15	15
キシレン	12	12	12	-	12	12

FB-190E (ニプロ製、膜素材：セルローストリアセテート)

	洗 浄 液 量 (mL)					
	20	150	280	410	540	670
ジクロロメタン	> 2000	> 2000	> 2000	> 2000	> 2000	1910
メチルエチルケトン	< 10	< 10	< 10	10	11	13
テトラヒドロフラン	430	20	20	20	20	20

PS-1.9UW (カワスミ製、膜素材：ポリスルフォン)

	洗 浄 液 量 (mL)					
	20	150	280	410	540	670
ジクロロメタン	180	220	210	190	210	160
メチルエチルケトン	160	190	170	180	180	140
テトラヒドロフラン	660	640	530	480	420	340

(単位：ppb)

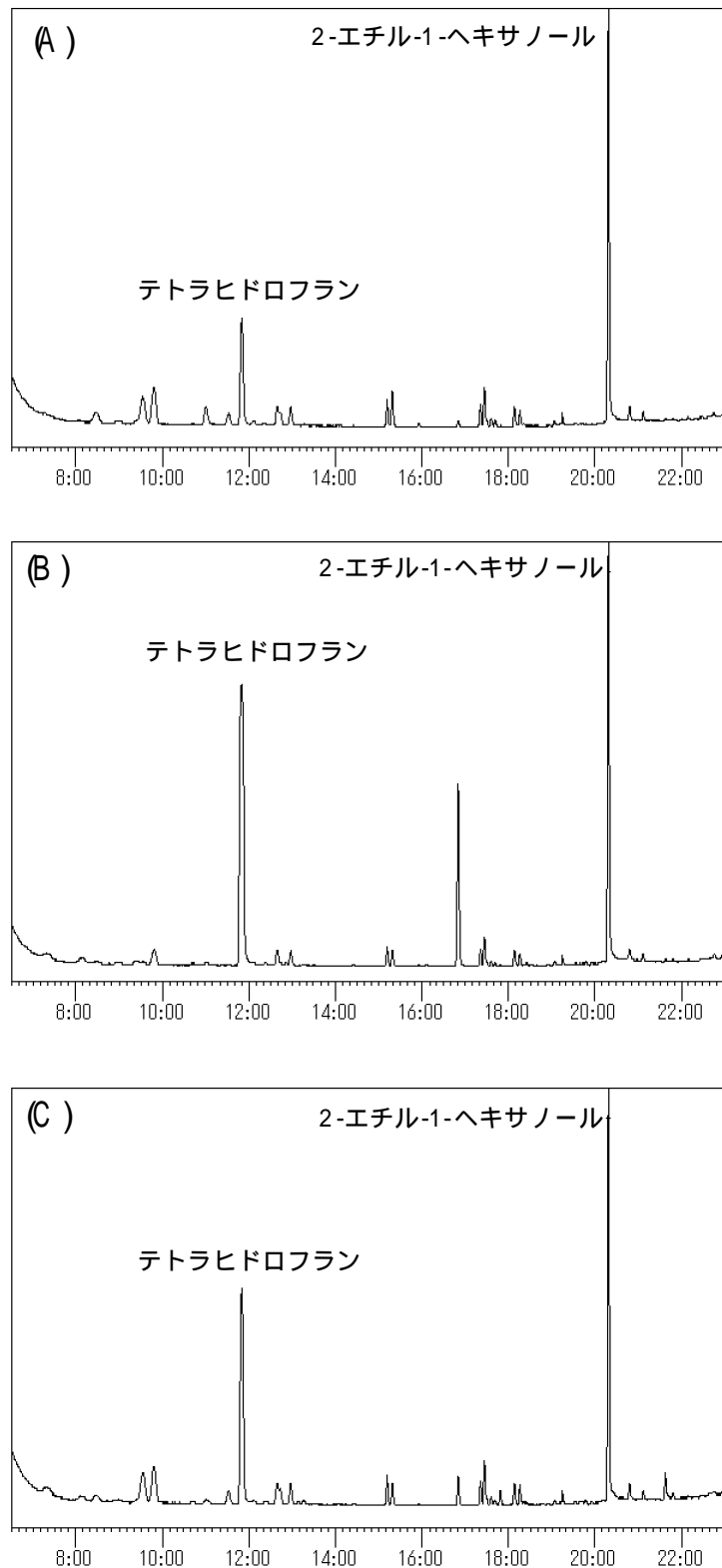


図1 20日間冷蔵保存した豚血液のトータルイオンクロマトグラム
(A) JM S S-200、(B) カワスミ カーミC液、(C) テルモ 血液バッグCPD

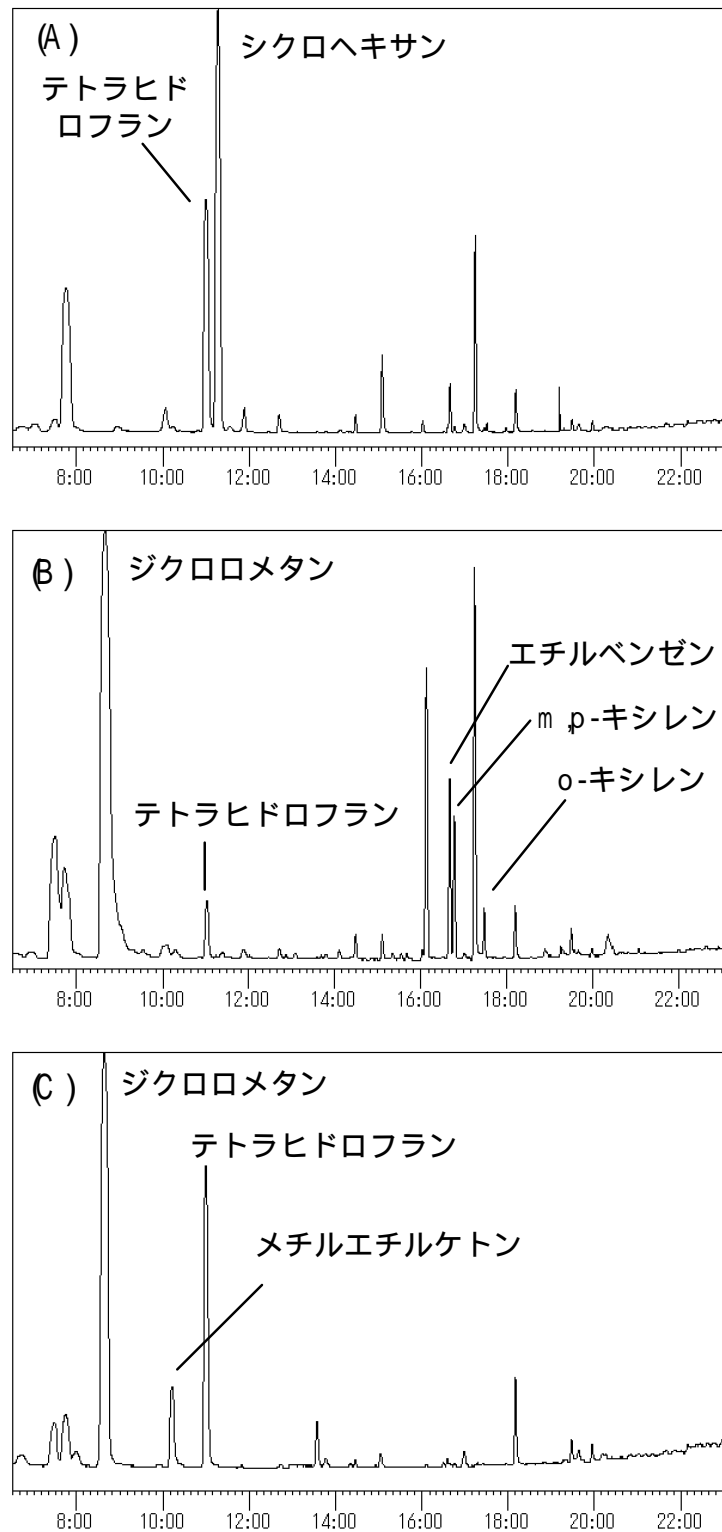


図2 透析膜および血液回路洗浄廃液のトータルイオンクロマトグラム

(A) AM UP-180、材質：キュプロアンモニウムレーヨン、洗浄液量20-35m L

(B) FB-150U、材質：セルローストリアセテート、洗浄液量20-35m L

(C) PS-1.9UM、材質：ポリスルホン、洗浄液量20-35m L