【書類名】明細書
【発明の名称】液体クロマトグラフ
【技術分野】
【０００１】
本開示は、液体クロマトグラフに関し、特に、２つの分離カラムを含む液体クロマトグラフに関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、原油等の石油組成物におけるＳＡＲＡ（Saturate、Aromatics、Resin、Asphaltene）成分の分析について、種々の検討がなされている。「ＳＡＲＡ」成分とは、Saturate（飽和分）、Aromatics（芳香族分）、Resin（レジン分）、およびAsphaltene（アスファルテン分）の４成分を意味する。ＳＡＲＡ成分の分析の一例として、２つの分離カラムを用いた分析方法が開示されている（K.K. (Adry) Bissada, Jingqiang Tan, Ewa Szymczyk, Mike Darnell, Mei Mei、Group-type characterization of crude oil and bitumen. Part I: Enhanced separation and quantification of saturates, aromatics, resins and asphaltenes (SARA)、Organic Geochemistry、２０１６年５月、第９５号、第21-28頁（非特許文献１）参照）。
【課題を解決するための手段】
【０００３】
ＳＡＲＡ成分の分析方法の実施に際し、具体的な液体クロマトグラフの構成の検討が求められている。
【０００４】
本開示のある局面に従う液体クロマトグラフは、第１カラムと、第２カラムと、第１カラムおよび第２カラムの少なくとも一方に移動相を送るように構成された送液ユニットと、少なくとも２つの連結状態を有する第１切替バルブと、第１切替バルブに接続され、少なくとも２つの連結状態を有する第２切替バルブと、第１切替バルブおよび第２切替バルブの状態のそれぞれお２つの連結状態を組み合わせることにより、第１切替バルブおよび第２切替バルブを含む流路において、第１形態、第２形態、および、第３形態を形成するように構成された制御ユニットとを備える。第１形態では、第１カラムの一端、第１カラムの他端、第２カラムの一端、および、第２カラムの他端の順に、送液ユニットからの移動相が送られ、第２形態では、第１カラムに対して送液ユニットからの移動相が導入されず、第２カラムの他端から第２カラムの一端へ、送液ユニットからの移動相が送られ、第３形態では、第１カラムの他端から第１カラムの一端へ、送液ユニットからの移動相が送られ、第２カラムに対して送液ユニットからの移動相が導入されない。
【０００５】
本開示によれば、ＳＡＲＡ成分の分析方法を具現化する液体クロマトグラフの構成が提供される。
【図面の簡単な説明】
【０００６】
【図１】　液体クロマトグラフの構成を示す図である。
【図２】　流路の第１形態を示す図である。
【図３】　流路の第２形態を示す図である。
【図４】　流路の第３形態を示す図である。
【図５】　流路の第４形態を示す図である。
【図６】　ＳＡＲＡ成分の分析のための処理のフローチャートである。
【図７】　ＳＡＲＡ成分の分析のための処理のフローチャートである。
【発明を実施するための形態】
【０００７】
以下、本開示の実施の形態に従う液体クロマトグラフについて、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さ

ない。

【０００８】

［液体クロマトグラフの構成］

【０００９】

図１は、液体クロマトグラフ１の構成を示す図である。一実現例では、液体クロマトグラフ１は、ＳＡＲＡ成分の分析に利用される。

【００１０】

図１に示すように、液体クロマトグラフ１は、コントローラ１００、送液ユニット２００、サンプラ３００、第１分離カラム４１０、第２分離カラム４２０、第１切替バルブ５１０、第２切替バルブ５２０、および、検出器６００を含む。

【００１１】

コントローラ１００は、液体クロマトグラフ１の動作を制御する。コントローラ１００は、プロセッサ１０１と、記憶装置１０２と、インターフェース１０３とを含む。一実現例では、プロセッサ１０１が記憶装置１０２に格納されたプログラムを実行することによって、コントローラ１００は液体クロマトグラフ１の動作を制御する。プロセッサ１０１は、コントローラ１００から着脱可能な記録媒体に格納されたプログラムを実行してもよい。インターフェース１０３は、通信用のインターフェース（たとえば、ネットワークカード）によって実現される。プロセッサ１０１は、インターフェース１０３を介して、液体クロマトグラフ１内の他の要素（サンプラ３００等）と通信し、また、液体クロマトグラフ１外の装置と通信する。

【００１２】

送液ユニット２００は、移動相として利用される溶液を、第１切替バルブ５１０および第２切替バルブ５２０を含む、移動相の流路に送る。これにより、第１分離カラム４１０および／または第２分離カラム４２０に移動相が供給される。

【００１３】

より具体的には、送液ユニット２００は、５つの送液ポンプ２０１～２０５および切替ユニット２１０を含む。送液ポンプ２０１～２０４のそれぞれは、ＳＡＲＡ分析に利用される４種類の移動相のそれぞれを収容するタンクに接続され、それぞれの移動相を切替ユニット２１０に向けて送る。

【００１４】

４種類の移動相は、飽和分抽出用の移動相である第１移動相（たとえば、ヘキサン）、レジン分抽出用の移動相である第２移動相（たとえば、９４％のヘキサンと６％のクロロホルムからなる混合液）、アスファルテン分抽出用の移動相である第３移動相（１５％のメタノール、１５％のアセトン、および７０％のクロロホルムからなる混合液）、および、芳香族分抽出用の移動相である第４移動相（たとえば、クロロホルム）によって構成される。

【００１５】

送液ポンプ２０５は、第１分離カラム４１０および第２分離カラム４２０の洗浄液を収容するタンクに接続され、洗浄液を切替ユニット２１０に向けて送る。なお、洗浄液は、上記の第１移動相、第２移動相、第３移動相、および／または、第４移動相であってもよい。この場合、液体クロマトグラフ１において、送液ポンプ２０５は省略されてもよい。

【００１６】

切替ユニット２１０は、送液ポンプ２０１～２０５の中から、第１切替バルブ５１０に向けて移動相を送るポンプを切り替える。一実現例では、切替ユニット２１０は、送液ポンプ２０１～２０５のそれぞれに連結された５つの導入口と、５つの導入口のそれぞれに設けられた５つの電磁弁と、サンプラ３００に連結された１つの導出口とを含む。そして、切替ユニット２１０は、５つの電磁弁のそれぞれの開閉を切り替えることによって、５つの導入口の中の一部を１つの導出口に連結させ、これにより、上記のポンプの切替を実現する。

【００１７】

サンプラ３００は、分析用のサンプルを上記流路に向けて供給する。図１の例では、サンプラ３００は、第１切替バルブ５１０のポート５１６に直接連結されている。すなわち、第１切替バルブ５１０および第２切替バルブ５２０を含む流路は、送液ユニットから送られた移動相を、サンプラ３００（のサンプル導入部）を介して、第１切替バルブ５１０に送られるように構成されている。これにより、液体クロマトグラフ１は、ＳＡＲＡ成分の分析を実施するにあたり、上記流路のサンプラ３００から第１切替バルブ５１０までの部分において、サンプルおよび移動相を第１切替バルブ５１０に送るための新たな要素（切替バルブなど）を必要とされない。したがって、ＳＡＲＡ成分の分析を実施する液体クロマトグラフ１において、製造コストの上昇が回避される。

【００１８】

第１分離カラム４１０および第２分離カラム４２０のそれぞれは、移動相とともにサンプルを供給されることにより、サンプルに含まれる目的成分を分離する。第１分離カラム４１０および第２分離カラム４２０のそれぞれは、図示しないカラムオーブンに収容され、当該カラムオーブンによって分析メソッドにおいて設定された温度に維持される。

【００１９】

第１分離カラム４１０の両端は、端部４１１および端部４１２として示されている。第１分離カラム４１０において、端部４１１から端部４１２への流れは、「順方向」の流れと称される。また、端部４１２から端部４１１への流れは、「逆方向」の流れ（バックフラッシュ）と称される。

【００２０】

第２分離カラム４２０の両端は、端部４２１および端部４２２として示されている。第２分離カラム４２０において、端部４２１から端部４２２への流れは、「順方向」の流れと称される。また、端部４２２から端部４２１への流れは、「逆方向」の流れ（バックフラッシュ）と称される。

【００２１】

液体クロマトグラフ１がＳＡＲＡ成分の分析に利用される場合、第１分離カラム４１０の充填剤としてアルキルニトリルが採用されてもよい。すなわち、第１分離カラム４１０としてシアノカラムが採用されてもよい。また、第２分離カラム４２０の充填剤としてシリカが採用されてもよい。すなわち、第２分離カラム４２０としてシリカカラムが採用されてもよい。

【００２２】

検出器６００は、第１分離カラム４１０および／または第２分離カラム４２０から供給されるサンプルを分析する。検出器６００は、たとえば、紫外可視分光光度計、ダイオードアレイ検出器、および／または示差屈折率検出器によって実現される。

【００２３】

第１切替バルブ５１０および第２切替バルブ５２０の各々は、たとえば６ポート２ポジションの切替バルブによって実現される。第１切替バルブ５１０は、６個のポート５１１～５１６を含む。第２切替バルブ５２０は、６個のポート５２１～５２６を含む。

【００２４】

第１切替バルブ５１０は、第２分離カラム４２０に連結されている。より具体的には、ポート５１３は、第２分離カラム４２０の端部４２１に連結されている。ポート５１１は、第２分離カラム４２０の端部４２２に連結されている。

【００２５】

第２切替バルブ５２０は、第１分離カラム４１０に連結されている。より具体的には、ポート５２５は、第１分離カラム４１０の端部４１１に連結されている。ポート５２１は、第１分離カラム４１０の端部４１２に連結されている。

【００２６】

［流路の４つの形態］

【００２７】

液体クロマトグラフ１では、第１切替バルブ５１０および第２切替バルブ５２０のそれ

ぞれの２つのポジションが組み合わせられることにより、第１切替バルブ５１０および第２切替バルブ５２０を含む流路において４つの形態（第１～第４形態）が形成される。図２は、流路の第１形態を示す図である。図３は、流路の第２形態を示す図である。図４は、流路の第３形態を示す図である。図５は、流路の第４形態を示す図である。以下、図２～図５を参照して、第１切替バルブ５１０および第２切替バルブ５２０のそれぞれの２つのポジション、および、上記流路の４つの形態について説明する。

【００２８】

＜第１切替バルブ５１０の２つのポジション＞

第１切替バルブ５１０の２つのポジションは、ポジション０およびポジション１と称される。図２～図５には、第１切替バルブ５１０のポジションが付記されている。

【００２９】

第１切替バルブ５１０のポジション０は、たとえば図２に示される。このポジションでは、ポート５１１とポート５１２が連結され、ポート５１３とポート５１４が連結され、ポート５１５とポート５１６が連結される。

【００３０】

第１切替バルブ５１０のポジション１は、たとえば図４に示される。このポジションでは、ポート５１１とポート５１６が連結され、ポート５１３とポート５１２が連結され、ポート５１５とポート５１４が連結される。

【００３１】

＜第２切替バルブ５２０の２つのポジション＞

第２切替バルブ５２０の２つのポジションは、ポジション０およびポジション１と称される。図２～図５には、第２切替バルブ５２０のポジションが付記されている。

【００３２】

第２切替バルブ５２０のポジション０は、たとえば図２に示される。このポジションでは、ポート５２１とポート５２２が連結され、ポート５２３とポート５２４が連結され、ポート５２５とポート５２６が連結される。

【００３３】

第２切替バルブ５２０のポジション１は、たとえば図３に示される。このポジションでは、ポート５２１とポート５２６が連結され、ポート５２３とポート５２２が連結され、ポート５２５とポート５２４が連結される。

【００３４】

＜第１形態＞

第１形態では、図２に示されるように、第１切替バルブ５１０および第２切替バルブ５２０のポジションは、「ポジション０」である。

【００３５】

第１形態では、送液ユニット２００から第１切替バルブ５１０のポート５１６へ導入された移動相は、ポート５１５、ポート５２６、ポート５２５、端部４１１、端部４１２、ポート５２１、ポート５２２、ポート５１４、ポート５１３、端部４２１、端部４２２、ポート５１１、ポート５１２、ポート５２３、およびポート５２４を経て、検出器６００へ送られる。これにより、第１形態では、矢印Ａ１０で示されるように、移動相は、第１分離カラム４１０および第２分離カラム４２０を順方向に流れる。

【００３６】

＜第２形態＞

第２形態では、図３に示されるように、第１切替バルブ５１０のポジションは「ポジション０」であり、第２切替バルブ５２０のポジションは「ポジション１」である。

【００３７】

第２形態では、送液ユニット２００から第１切替バルブ５１０のポート５１６へ導入された移動相は、ポート５１５、ポート５２６、ポート５２１、端部４１２、端部４１１、ポート５２５、ポート５２４を経て、検出器６００へ送られる。これにより、第２形態では、移動相は、矢印Ａ２０で示されるように、第１分離カラム４１０を逆方向に流れるが

、アイコンＰ２０で模式的に示されるように、第２分離カラム４２０には移動相は流れない。すなわち、第２形態では、第２分離カラム４２０は上記流路から切り離される。

【００３８】

＜第３形態＞

第３形態では、図４に示されるように、第１切替バルブ５１０のポジションは「ポジション１」であり、第２切替バルブ５２０のポジションは「ポジション０」である。

【００３９】

第３形態では、送液ユニット２００から第１切替バルブ５１０のポート５１６へ導入された移動相は、ポート５１１、端部４２２、端部４２１、ポート５１３、ポート５１２、ポート５２３、およびポート５２４を経て、検出器６００へ送られる。これにより、第３形態では、移動相は、矢印Ａ３０で示されるように、第２分離カラム４２０を逆方向に流れるが、アイコンＰ３０で模式的に示されるように、第１分離カラム４１０には移動相は流れない。すなわち、第３形態では、第１分離カラム４１０は上記流路から切り離される。

【００４０】

＜第４形態＞

第４形態では、図５に示されるように、第１切替バルブ５１０および第２切替バルブ５２０のポジションは、「ポジション１」である。

【００４１】

第４形態では、送液ユニット２００から第１切替バルブ５１０のポート５１６へ導入された移動相は、ポート５１１、端部４２２、端部４２１、ポート５１３、ポート５１２、ポート５２３、ポート５２２、ポート５１４、ポート５１５、ポート５２６、ポート５２１、端部４１２、端部４１１、ポート５２５、およびポート５２４を経て、検出器６００へ送られる。これにより、第４形態では、移動相は、矢印Ａ４０で示されるように、第１分離カラム４１０および第２分離カラム４２０を逆方向に流れる。

【００４２】

［処理の流れ］

【００４３】

図６および図７は、液体クロマトグラフ１が、ＳＡＲＡ成分の分析のために実行する処理のフローチャートである。一実現例では、液体クロマトグラフ１において、プロセッサ１０１が所与のプログラムを実行することによって、図６および図７の処理が実施される。

【００４４】

まず、図６を参照して、ステップＳ１０にて、液体クロマトグラフ１は、ＳＡＲＡ成分の分析を開始するタイミングが到来したか否かを判断する。液体クロマトグラフ１は、液体クロマトグラフ１の操作キー（図示略）に対して所与の操作がなされたこと、液体クロマトグラフ１が外部から分析の開始指示を受信したこと、および／または、予め登録された時刻が到来したことに応じて、上記タイミングが到来したと判断してもよい。

【００４５】

液体クロマトグラフ１は、上記タイミングが到来したと判断するまでステップＳ０２の制御を繰り返し（ステップＳ０２にてＮＯ）、上記タイミングが到来したと判断すると（ステップＳ０２にてＹＥＳ）、ステップＳ０４へ制御を進める。

【００４６】

ステップＳ０４にて、液体クロマトグラフ１は、サンプラ３００に、第１切替バルブ５１０および第２切替バルブ５２０を含む流路へ、サンプル（たとえば、ＳＡＲＡ成分の分析用のサンプル）を注入させる。

【００４７】

ステップＳ１０にて、液体クロマトグラフ１は、第１切替バルブ５１０および第２切替バルブ５２０を含む流路において第１形態（図２）を形成し、送液ユニット２００に第１切替バルブ５１０に向けて第１移動相を送らせる。

【００４８】
第１形態は、コントローラ１００が、第１切替バルブ５１０および第２切替バルブ５２０のポジションを「ポジション０」に切り替えることにより形成されてもよい。コントローラ１００が、送液ユニット２００に、送液ポンプ２０１を上述の導出口に連結させることによって、第１移動相が送られてもよい。

【００４９】
ステップＳ１２にて、液体クロマトグラフ１は、第１移動相の送出（ステップＳ１０）の開始から第１分析時間が経過したか否かを判断する。第１分析時間は、ＳＡＲＡ成分のうち飽和分の分析のために予め定められた時間である。第１分析時間は、ユーザによって適宜設定されてもよい。第１分析時間を特定する情報は、記憶装置１０２に格納されていてもよい。液体クロマトグラフ１は、第１分析時間が経過したと判断するまではステップＳ１２の制御を繰り返し（ステップＳ１２にてＮＯ）、第１分析時間が経過したと判断すると（ステップＳ１２にてＹＥＳ）、ステップＳ１４へ制御を進める。

【００５０】
ステップＳ１４にて、液体クロマトグラフ１は、検出器６００において取得された検出結果（第１分析結果）を記憶装置１０２に格納する。一実現例では、第１分析結果には、サンプルにおける飽和分の分析結果が含まれる。

【００５１】
ステップＳ２０にて、液体クロマトグラフ１は、第１切替バルブ５１０および第２切替バルブ５２０を含む流路において第２形態（図３）を形成し、送液ユニット２００に第１切替バルブ５１０に向けて第２移動相を送らせる。

【００５２】
第２形態は、コントローラ１００が、第１切替バルブ５１０のポジションを「ポジション０」に切り替え、第２切替バルブ５２０のポジションを「ポジション１」に切り替えることにより形成されてもよい。コントローラ１００が、送液ユニット２００に、送液ポンプ２０２を上述の導出口に連結させることによって、第２移動相が送られてもよい。

【００５３】
ステップＳ２２にて、液体クロマトグラフ１は、第２移動相の送出（ステップＳ２０）の開始から第２分析時間が経過したか否かを判断する。第２分析時間は、ＳＡＲＡ成分のうちレジン分の分析のために予め定められた時間である。第２分析時間は、ユーザによって適宜設定されてもよい。第２分析時間を特定する情報は、記憶装置１０２に格納されていてもよい。液体クロマトグラフ１は、第２分析時間が経過したと判断するまではステップＳ２２の制御を繰り返し（ステップＳ２２にてＮＯ）、第２分析時間が経過したと判断すると（ステップＳ２２にてＹＥＳ）、ステップＳ２４へ制御を進める。

【００５４】
ステップＳ２４にて、液体クロマトグラフ１は、検出器６００において取得された検出結果（第２分析結果）を記憶装置１０２に格納する。一実現例では、第２分析結果には、サンプルにおけるレジン分の分析結果が含まれる。

【００５５】
図７を参照して、ステップＳ３０にて、液体クロマトグラフ１は、第１切替バルブ５１０および第２切替バルブ５２０を含む流路において第２形態（図３）を形成し、送液ユニット２００に第１切替バルブ５１０に向けて第３移動相を送らせる。

【００５６】
コントローラ１００が、送液ユニット２００に、送液ポンプ２０３を上述の導出口に連結させることによって、第３移動相が送られてもよい。

【００５７】
ステップＳ３２にて、液体クロマトグラフ１は、第３移動相の送出（ステップＳ３０）の開始から第３分析時間が経過したか否かを判断する。第３分析時間は、ＳＡＲＡ成分のうちアスファルテン分の分析のために予め定められた時間である。第３分析時間は、ユーザによって適宜設定されてもよい。第３分析時間を特定する情報は、記憶装置１０２に格

納されていてもよい。液体クロマトグラフ１は、第３分析時間が経過したと判断するまではステップＳ３２の制御を繰り返し（ステップＳ３２にてＮＯ）、第３分析時間が経過したと判断すると（ステップＳ３２にてＹＥＳ）、ステップＳ３４へ制御を進める。

【００５８】

ステップＳ３４にて、液体クロマトグラフ１は、検出器６００において取得された検出結果（第３分析結果）を記憶装置１０２に格納する。一実現例では、第３分析結果には、サンプルにおけるアスファルテン分の分析結果が含まれる。

【００５９】

ステップＳ４０にて、液体クロマトグラフ１は、第１切替バルブ５１０および第２切替バルブ５２０を含む流路において第３形態（図４）を形成し、送液ユニット２００に第１切替バルブ５１０に向けて第４移動相を送らせる。

【００６０】

第３形態は、コントローラ１００が、第１切替バルブ５１０のポジションを「ポジション１」に切り替え、第２切替バルブ５２０のポジションを「ポジション０」に切り替えることにより形成されてもよい。コントローラ１００が、送液ユニット２００に、送液ポンプ２０４を上述の導出口に連結させることによって、第４移動相が送られてもよい。

【００６１】

ステップＳ４２にて、液体クロマトグラフ１は、第４移動相の送出（ステップＳ４０）の開始から第４分析時間が経過したか否かを判断する。第４分析時間は、ＳＡＲＡ成分のうち芳香族分の分析のために予め定められた時間である。第４分析時間は、ユーザによって適宜設定されてもよい。第４分析時間を特定する情報は、記憶装置１０２に格納されていてもよい。液体クロマトグラフ１は、第４分析時間が経過したと判断するまではステップＳ４２の制御を繰り返し（ステップＳ４２にてＮＯ）、第４分析時間が経過したと判断すると（ステップＳ４２にてＹＥＳ）、ステップＳ４４へ制御を進める。

【００６２】

ステップＳ４４にて、液体クロマトグラフ１は、検出器６００において取得された検出結果（第４分析結果）を記憶装置１０２に格納する。一実現例では、第４分析結果には、サンプルにおける芳香族分の分析結果が含まれる。

【００６３】

ステップＳ５０にて、液体クロマトグラフ１は、第１切替バルブ５１０および第２切替バルブ５２０を含む流路において第４形態（図５）を形成し、送液ユニット２００に第１切替バルブ５１０に向けて洗浄液を送らせる。

【００６４】

第４形態は、コントローラ１００が、第１切替バルブ５１０および第２切替バルブ５２０のポジションを「ポジション１」に切り替えることにより形成されてもよい。コントローラ１００が、送液ユニット２００に、送液ポンプ２０５を上述の導出口に連結させることによって、洗浄液が送られてもよい。

【００６５】

ステップＳ５２にて、液体クロマトグラフ１は、洗浄液の送出（ステップＳ５０）の開始から洗浄時間が経過したか否かを判断する。洗浄時間は、第１分離カラム４１０および第２分離カラム４２０の洗浄のために予め定められた時間である。洗浄時間は、ユーザによって適宜設定されてもよい。洗浄時間を特定する情報は、記憶装置１０２に格納されていてもよい。液体クロマトグラフ１は、洗浄時間が経過したと判断するまではステップＳ５２の制御を繰り返し（ステップＳ５２にてＮＯ）、洗浄時間が経過したと判断すると（ステップＳ５２にてＹＥＳ）、ステップＳ５４へ制御を進める。

【００６６】

ステップＳ６０にて、液体クロマトグラフ１は、各要素の動作を停止させる。その後、液体クロマトグラフ１は、図６および図７の処理を終了する。

【００６７】

以上説明された液体クロマトグラフ１において、コントローラ１００は、第１切替バル

ブ５１０および第２切替バルブ５２０のそれぞれの２つの状態を組み合わせによって、第１切替バルブ５１０および第２切替バルブ５２０を含む流路において第１～第３形態を形成し、これにより、分取液体クロマトグラフ１において第１分離カラム４１０および第２分離カラム４２０を用いたＳＡＲＡ分析を実現する。

【００６８】

第２形態では、第２分離カラム４２０が上記流路から切り離される。また、第３形態では、第１分離カラム４１０が上記流路から切り離される。すなわち、２つの分離カラムのうち一方の分離カラムのバックフラッシュの間、他方の分離カラムは上記流路から切り離される。液体クロマトグラフ１において、コンタミネーションの防止、および、圧力変動による分離カラムの早期劣化の防止が実現される。

【００６９】

液体クロマトグラフ１において、第１形態～第３形態の形成に逆流防止弁を使用する必要がない。これにより、液体クロマトグラフ１におけるシステム容量およびキャリーオーバーが抑えられる。

【００７０】

コントローラ１００は、上記流路においてさらに第４形態を形成し、第１分離カラム４１０および第２分離カラム４２０を洗浄する（ステップＳ５０，Ｓ５２）。

【００７１】

第４形態では、送液ユニット２００から導入された溶液は第１分離カラム４１０および第２分離カラム４２０を逆方向に流れる。したがって、ステップＳ５０，Ｓ５２における洗浄では、洗浄液が、第１分離カラム４１０および第２分離カラム４２０を逆方向に流れる。第４形態では、上記流路全体がバックフラッシュによって洗浄され、これにより、分析間のクロスコンタミネーションが抑制される。

【００７２】

なお、ステップＳ５０，Ｓ５２における洗浄に代えて、または、ステップＳ５０，Ｓ５２における洗浄に加えて、４つの成分の分析に利用された第１移動相～第４移動相を用いた洗浄が行なわれてもよい。

【００７３】

たとえば、液体クロマトグラフ１は、ステップＳ４４の後、第３流路に第４移動相を流し、第２流路に第３移動相を流し、第２流路に第２移動相を流し、そして、第１流路に第１移動相を流してもよい。これにより、４つの成分の分析の後、４つの成分の分析に利用された移動相が分析とは逆の順序で流される。液体クロマトグラフ１は、第１移動相～第４移動相を利用した洗浄の後、さらに、ステップＳ５０，Ｓ５２の洗浄を実施してもよい。

【００７４】

［態様］

【００７５】

上述した複数の例示的な実施形態は、以下の態様の具体例であることが当業者により理解される。

【００７６】

（第１項）　一態様に係る液体クロマトグラフは、第１カラムと、第２カラムと、前記第１カラムおよび前記第２カラムの少なくとも一方に移動相を送るように構成された送液ユニットと、少なくとも２つの連結状態を有する第１切替バルブと、前記第１切替バルブに接続され、少なくとも２つの連結状態を有する第２切替バルブと、前記第１切替バルブおよび前記第２切替バルブの状態のそれぞれの２つの連結状態を組み合わせることにより、前記第１切替バルブおよび前記第２切替バルブを含む流路において、第１形態、第２形態、および、第３形態を形成するように構成された制御ユニットとを備え、前記第１形態では、前記第１カラムの一端、前記第１カラムの他端、前記第２カラムの一端、および、前記第２カラムの他端の順に、前記送液ユニットからの移動相が送られ、前記第２形態では、前記第１カラムに対して前記送液ユニットからの移動相が導入されず、前記第２カラ

ムの他端から前記第２カラムの一端へ、前記送液ユニットからの移動相が送られ、前記第３形態では、前記第１カラムの他端から前記第１カラムの一端へ、前記送液ユニットからの移動相が送られ、前記第２カラムに対して前記送液ユニットからの移動相が導入されなくてもよい。

【００７７】

第１項に記載の液体クロマトグラフによれば、ＳＡＲＡ成分の分析方法を具現化する液体クロマトグラフの構成が提供される。

【００７８】

（第２項）　第１項に記載の液体クロマトグラフにおいて、前記第１切替バルブの少なくとも２つの連結状態は、第１状態および第２状態を含み、前記第１状態は、前記送液ユニットと前記第２切替バルブとを連結し、前記第２切替バルブと前記第２カラムの一端とを連結し、前記第２状態は、前記送液ユニットと前記第２カラムの他端に連結し、前記第２切替バルブの少なくとも２つの連結状態は、第３状態および第４状態を含み、前記第３状態は、前記第１カラムの他端と前記第１切替バルブとを連結し、前記第１カラムの他端を前記第１切替バルブとを連結し、前記第４状態は、前記第１切替バルブと前記第２カラムの他端とを連結し、前記制御ユニットは、前記第１形態を形成するために、前記第１切替バルブを、前記第１状態にし、前記第２切替バルブを、前記第３状態にし、前記第２形態を形成するために、前記第１切替バルブを、前記第１状態にし、前記第２切替バルブを、前記第４状態にし、前記第３形態を形成するために、前記第１切替バルブを、前記第２状態にし、前記第２切替バルブを、前記第３状態にするように構成されていてもよい。

【００７９】

第２項に記載の液体クロマトグラフによれば、第１切替バルブおよび第２切替バルブの具体的な状態が提供され、これにより、液体クロマトグラフにおけるＳＡＲＡ成分の分析方法の具現化が容易になる。

【００８０】

（第３項）　第１項または第２項に記載の液体クロマトグラフにおいて、前記送液ユニットは、前記移動相として、第１移動相、第２移動相、第３移動相、および第４移動相のいずれか１つを選択的に前記第１切替バルブに向けて送るように構成されており、前記制御ユニットは、前記流路において前記第１形態が形成されているときに、前記送液ユニットに、前記第１切替バルブに向けて前記第１移動相を送らせ、前記流路において前記第２形態が形成されているときに、前記送液ユニットに、前記第１切替バルブに向けて前記第２移動相を送らせ、前記流路において前記第２形態が形成されているときに、前記送液ユニットに、前記第１切替バルブに向けて前記第３移動相を送らせ、前記流路において前記第３形態が形成されているときに、前記送液ユニットに、前記第１切替バルブに向けて前記第４移動相を送らせるように構成されていてもよい。

【００８１】

第３項に記載の液体クロマトグラフによれば、ＳＡＲＡ成分の分析において、第１カラムおよび第２カラムに適切な移動相が送られる。

【００８２】

（第４項）　第１項～第３項のいずれか１項に記載の液体クロマトグラフは、溶液の成分の検出結果を導出する検出器をさらに備え、前記第１形態において、前記第１切替バルブは、前記第２カラムの他端を前記第１切替バルブに連結し、前記第２切替バルブは、前記第２カラムの他端から導入された溶液を前記検出器に導入し、前記第２形態において、前記第１切替バルブは、前記第２カラムを前記送液ユニットから分離し、前記第２切替バルブは、前記第２カラムの一端を前記検出器に連結し、前記第３形態において、前記第１切替バルブは、前記第２カラムの一端を前記検出器に連結し、前記第２切替バルブは、前記第１カラムを前記送液ユニットから分離してもよい。

【００８３】

第４項に記載の液体クロマトグラフによれば、コンタミネーションの防止、および、圧力変動によるカラムの早期劣化の防止が実現される。

【００８４】

（第５項）　第１項～第４項のいずれか１項に記載の液体クロマトグラフにおいて、前記制御ユニットは、前記第１切替バルブおよび前記第２切替バルブの状態のそれぞれの２つの連結状態を組み合わせることにより、前記流路において第４形態をさらに形成するように構成されており、前記第４形態では、前記送液ユニットからの移動相は、前記第１カラムの他端から前記第１カラムの一端へ送られ、前記第２カラムの他端から前記第２カラムの一端に送られてもよい。

【００８５】

第５項に記載の液体クロマトグラフによれば、第１カラムおよび第２カラムを洗浄するような移動相の流れが形成される。

【００８６】

（第６項）　第５項に記載の液体クロマトグラフにおいて、前記制御ユニットは、前記流路において前記第４形態が形成されているときに、前記送液ユニットに、前記第１切替バルブに向けて洗浄液を送らせるように構成されていてもよい。

【００８７】

第６項に記載の液体クロマトグラフによれば、第１カラムおよび第２カラムが洗浄液によって洗浄される。

【００８８】

（第７項）　第１項～第６項のいずれか１項に記載の液体クロマトグラフは、前記送液ユニットと前記第１切替バルブとの間に設けられ、前記流路に向けてサンプルを供給するサンプラをさらに備えていてもよい。

【００８９】

第７項に記載の液体クロマトグラフによれば、ＳＡＲＡ成分の分析において、第１カラムおよび第２カラムにサンプルが供給される。

【００９０】

（第８項）　第１項～第７項のいずれか１項に記載の液体クロマトグラフは、前記流路は、前記送液ユニットから送られた移動相を前記第１切替バルブに送るように構成されていてもよい。

【００９１】

第８項に記載の液体クロマトグラフによれば、ＳＡＲＡ成分の分析において、送液ユニットから送られる移動相を第１切替バルブに送るための新たな要素（バルブ等）が不要であり、液体クロマトグラフの製造コストの上昇が回避される。

【００９２】

今回開示された実施の形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本開示の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【書類名】特許請求の範囲
【請求項１】
第１カラムと、
第２カラムと、
前記第１カラムおよび前記第２カラムの少なくとも一方に移動相を送るように構成された送液ユニットと、
少なくとも２つの連結状態を有する第１切替バルブと、
前記第１切替バルブに接続され、少なくとも２つの連結状態を有する第２切替バルブと、
前記第１切替バルブおよび前記第２切替バルブの状態のそれぞれの２つの連結状態を組み合わせることにより、前記第１切替バルブおよび前記第２切替バルブを含む流路において、第１形態、第２形態、および、第３形態を形成するように構成された制御ユニットとを備え、
前記第１形態では、前記第１カラムの一端、前記第１カラムの他端、前記第２カラムの一端、および、前記第２カラムの他端の順に、前記送液ユニットからの移動相が送られ、
前記第２形態では、前記第１カラムに対して、前記送液ユニットからの移動相が導入されず、前記第２カラムの他端から前記第２カラムの一端へ、前記送液ユニットからの移動相が送られ、
前記第３形態では、前記第１カラムの他端から前記第１カラムの一端へ、前記送液ユニットからの移動相が送られ、前記第２カラムに対して前記送液ユニットからの移動相が導入されない、液体クロマトグラフ。
【請求項２】
前記第１切替バルブの少なくとも２つの連結状態は、第１状態および第２状態を含み、
前記第１状態は、前記送液ユニットと前記第２切替バルブとを連結し、前記第２切替バルブと前記第２カラムの一端とを連結し、
前記第２状態は、前記送液ユニットと前記第２カラムの他端に連結し、
前記第２切替バルブの少なくとも２つの連結状態は、第３状態および第４状態を含み、
前記第３状態は、前記第１カラムの他端と前記第１切替バルブとを連結し、前記第１カラムの他端を前記第１切替バルブとを連結し、
前記第４状態は、前記第１切替バルブと前記第２カラムの他端とを連結し、
前記制御ユニットは、
前記第１形態を形成するために、前記第１切替バルブを、前記第１状態にし、前記第２切替バルブを、前記第３状態にし、
前記第２形態を形成するために、前記第１切替バルブを、前記第１状態にし、前記第２切替バルブを、前記第４状態にし、
前記第３形態を形成するために、前記第１切替バルブを、前記第２状態にし、前記第２切替バルブを、前記第３状態にするように構成されている、請求項１に記載の液体クロマトグラフ。
【請求項３】
前記送液ユニットは、前記移動相として、第１移動相、第２移動相、第３移動相、および第４移動相のいずれか１つを選択的に前記第１切替バルブに向けて送るように構成されており、
前記制御ユニットは、
前記流路において前記第１形態が形成されているときに、前記送液ユニットに、前記第１切替バルブに向けて前記第１移動相を送らせ、
前記流路において前記第２形態が形成されているときに、前記送液ユニットに、前記第１切替バルブに向けて前記第２移動相を送らせ、
前記流路において前記第２形態が形成されているときに、前記送液ユニットに、前記第１切替バルブに向けて前記第３移動相を送らせ、
前記流路において前記第３形態が形成されているときに、前記送液ユニットに、前記

第１切替バルブに向けて前記第４移動相を送らせるように構成されている、請求項１または請求項２に記載の液体クロマトグラフ。

【請求項４】

溶液の成分の検出結果を導出する検出器をさらに備え、

前記第１形態において、

前記第１切替バルブは、前記第２カラムの他端を前記第１切替バルブに連結し、

前記第２切替バルブは、前記第２カラムの他端から導入された溶液を前記検出器に導入し、

前記第２形態において、

前記第１切替バルブは、前記第２カラムを前記送液ユニットから分離し、

前記第２切替バルブは、前記第２カラムの一端を前記検出器に連結し、

前記第３形態において、

前記第１切替バルブは、前記第２カラムの一端を前記検出器に連結し、

前記第２切替バルブは、前記第１カラムを前記送液ユニットから分離する、請求項１～請求項３のいずれか１項に記載の液体クロマトグラフ。

【請求項５】

前記制御ユニットは、前記第１切替バルブおよび前記第２切替バルブの状態のそれぞれの２つの連結状態を組み合わせることにより、前記流路において第４形態をさらに形成するように構成されており、

前記第４形態では、前記送液ユニットからの移動相は、前記第１カラムの他端から前記第１カラムの一端に送られ、前記第２カラムの他端から前記第２カラムの一端に送られる、請求項１～請求項４のいずれか１項に記載の液体クロマトグラフ。

【請求項６】

前記制御ユニットは、前記流路において前記第４形態が形成されているときに、前記送液ユニットに、前記第１切替バルブに向けて洗浄液を送らせるように構成されている、請求項５に記載の液体クロマトグラフ。

【請求項７】

前記送液ユニットと前記第１切替バルブとの間に設けられ、前記流路に向けてサンプルを供給するサンプラをさらに備える、請求項１～請求項６のいずれか１項に記載の液体クロマトグラフ。

【請求項８】

前記流路は、前記送液ユニットから送られた移動相を前記第１切替バルブに送るように構成されている、請求項１～請求項７のいずれか１項に記載の液体クロマトグラフ。