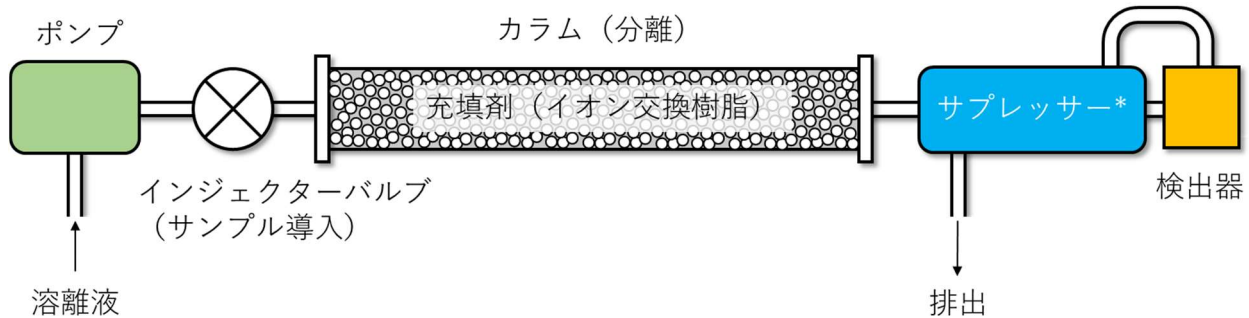


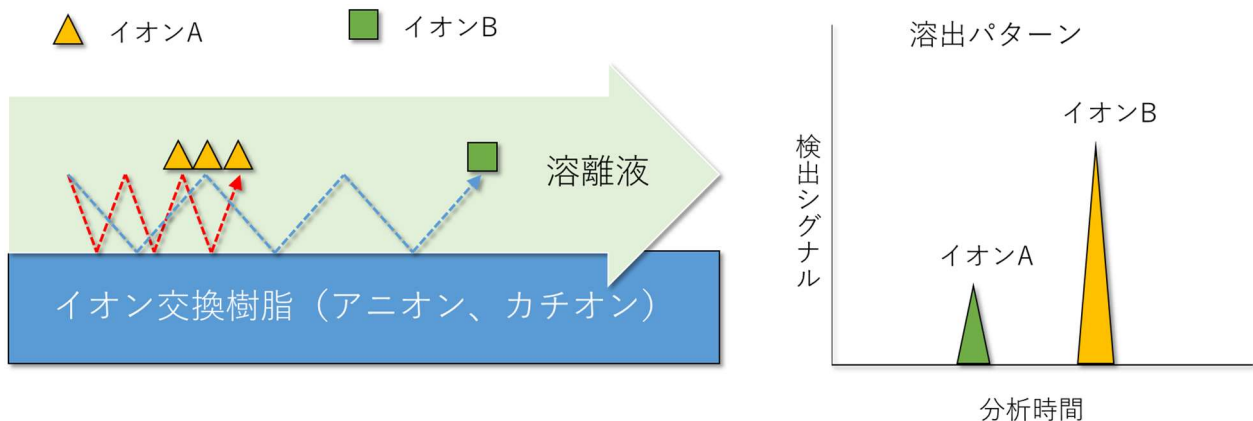
■分析の機器シリーズ5) – イオンクロマトグラフ：Ion Chromatograph (IC)

イオンクロマトグラフ機器構成図



*サプレッサー：溶離液中のイオン交換用（バックグラウンド低減）

イオンクロマトグラフによる特定イオンの分析原理



ICについて

イオンクロマトグラフ (IC) は一般にイオン種を分析するのに使用されます。イオン種としては、フッ素、塩素、臭素などのハロゲンイオン、硝酸イオンや亜硝酸イオン、硫酸イオン、リン酸イオンや、ギ酸、酢酸、シュウ酸、クエン酸、乳酸および脂肪酸などの有機酸、リチウムイオン、ナトリウムイオン、カリウムイオンなどのアルカリ金属イオン、マグネシウムイオンやカルシウムイオン、アンモニウムイオンなどが測定対象となります。イオンクロマトグラフの特徴としては、サンプル量が少ない、多種イオン成分同時分析、高感度、分析時間が短いことなどが挙げられます。そのため、環境水などの分析だけでなく、細胞抽出液など少量のサンプルでもイオンの定量が可能です。生体試料中のイオンを分析する際にはカラムを劣化させないように、タンパ

クや脂質成分などを除去することが必要です。通常、限外ろ過法によるイオンの分離や燃焼法による前処理が行われます。

装置の仕組み

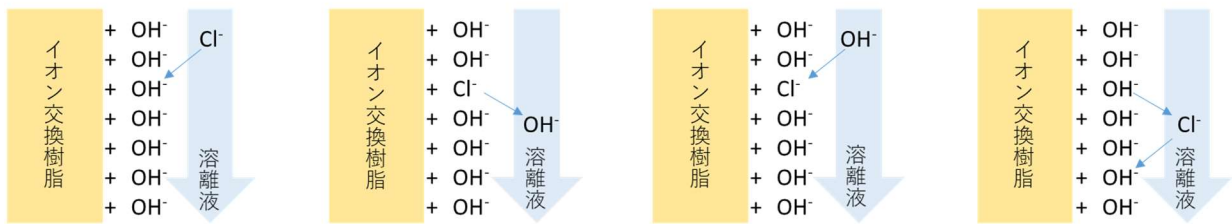
装置の構成は、溶離液を送るためのポンプとサンプルを導入するインジェクター、イオン成分を分離するためのイオン交換樹脂の入ったカラム、溶離液中のイオンを交換して検出感度を向上させるためのサプレッサー、イオンを検出するための検出器からなっています。加えて、カラムの温度を一定にするためのオープン、溶離液の組成を変化させるグラージェントシステム、システムを管理しデータを解析するためのコントロールシステムがあります。そのほか、溶離液の調製を自動で行う装置を搭載できる装置もあります。検出器としては、一般的に電気伝導度検出器が用いられますが、電気化学検出器、吸光検出器、蛍光検出器、質量分析検出器なども使用されます。

カラムについて

イオン分析用カラムの分離機構は、イオン交換、イオン排除に分類されます。一般的にアニオン交換樹脂はカチオン元素やアンモニウムイオンの分析に用いられ、カチオン交換樹脂はアニオン元素や脂肪酸、スルホン酸、リン酸などの分子の分析に使用されます。IC に用いるイオン交換樹脂のイオン交換容量はイオンの分離を迅速に行うために一般的なイオン交換樹脂よりも数十倍から数百倍程度低く抑えられています。また、樹脂の表面にイオン交換基が配置されるように工夫されています。分離にはイオンとしてだけでなく分子の静電的、疎水的な機能も関与しますので、強固にイオン対を形成させてイオンを逆相系カラムで分離する方法もあります。

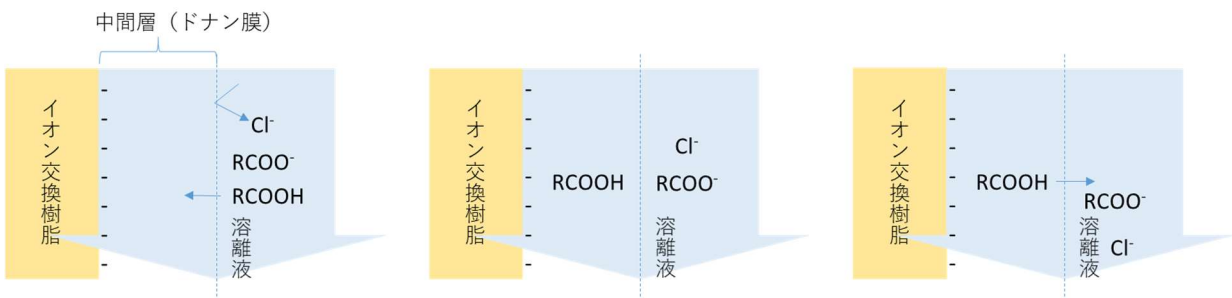
イオン交換型分離

一般的にイオン交換型カラムにはカルボン酸やホスホン酸型官能基を持つカチオン交換樹脂と、四級アンモニウム塩、四級アルカノールアミン型官能基を持つアニオン交換樹脂が使用されています。溶離液中のイオンと結合しているイオン交換基に試料に含まれる対イオンが近づくとイオン交換基とイオン結合します。そこに溶離液に含まれるイオンが近づくことによって試料中のイオンは外されて溶離液に戻っていきます。それぞれのイオンによってイオン交換基との結合の程度が変わりますので、イオン交換基との脱着を繰り返すことによって、試料中のイオンは分離されます（下図）。



イオン排除型分離

アニオン排除型には一般的に水素型強酸性陽イオン交換樹脂が使用されており、スルホン酸やカルボン酸型官能基が表面に配置されています。酸性の溶離液を流すと、樹脂表面と溶離液の界面に中間の酸性度の層が現れます（酸性度：樹脂表面 > 中間層 > 溶離液）。試料中の塩素イオンなどのアニオン種は、解離した樹脂表面官能基と電気反発することで、中間層と相互作用することなく流れていきます。一方、弱酸性の脂肪酸などのアニオンは溶離液の pH によって一部は中性分子となり、カラム表面の中間層に入り込むことができます。分子の酸乖離定数に依存して分子の中間層への滞留時間が変り分離されます（下図）。中間層はドナン（Donnan）膜と呼ばれます。



測定対象試料

一般的に分析対象となる試料としては、水溶液として分析できるものすべてで、水道水、雨水、環境水、工場排水、メッキ液、洗浄液、排ガス、食品、化学薬品、生体試料など多岐に渡ります。

検出レベル

電気伝導度検出器による定量下限値はアニオンではフッ素イオン、塩素イオン、臭素イオン、硝酸イオン、亜硝酸イオン、硫酸イオンが 50 ppb、リン酸イオンは 500 ppb、カチオンではリチウムイオンが 1 ppb、ナトリウムイオン、マグネシウムイオン、カルシウムイオン、アンモニウムイオンが 2 ppb、カリウムイオンが 5 ppb で、電気伝導度検出ではカチオンのほうがアニオンよりも一桁以上高感度に分析できます。

IC のまとめ

- 分析対象：水溶液として分析できるものすべて
- 分析可能分子：アニオン性元素、アニオン性分子、カチオン性元素、カチオン性分子、有機化合物としては、一般的に脂肪酸やアミン類、アミノ酸、核酸、糖類など
- 感度（元素、低分子化合物）：ppb レベル（電気伝導度計検出）
- 吸収や蛍光を持つ分子は吸光検出器や蛍光検出器による検出も可能