

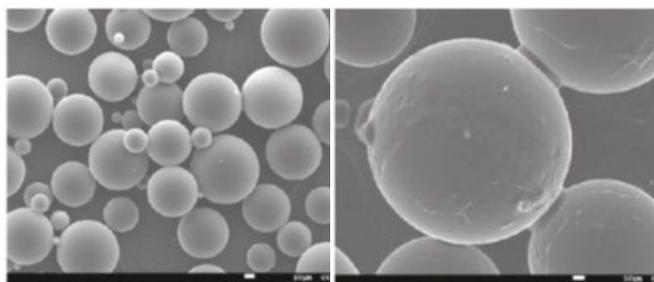
TK-TcScint レジン

TK-TcScint レジンは、バルセロナ大学の García 氏、Tarancón 氏、Bagán 氏によって開発された、“含浸プラスチックシンチレーションマイクロスフェア / Impregnated Plastic Scintillation microspheres” をベースにした最初のレジンです。

この新製品ラインは、バルセロナ大学のグループによって供給されるプラスチックシンチレーションマイクロスフェア（以下 PSm）で構成されており、選択的抽出剤を含浸しています。

TK-TcScint レジンはその名前の通り、主に Tc-99 の定量に特化したレジンです。抽出剤にはアリコート 336 が使用され、さらに少量の長鎖アルコールを含んでいます。従って、選択性は一般的に TEVA レジン（米国 Eichrom Technologies 社製）とよく似ています。

含浸処理していない PSm と、含浸 PSm（TK-TcScint レジン）それぞれの SEM 写真です。



左 - 含浸処理していない PSm 右 - 含浸 PSm (TK-TcScint)
(データ提供：Garcia 氏ら)

TK-TcScint レジンは充填済み 2mL カートリッジとして、真空吸引システム（Vacuum Box システム）またはポンプシステムベースの自動分離装置とあわせて使用します。

TK-TcScint に使用されている PSm 支持体自体がシンチレーション媒体として機能することで、カートリッジに保持された Tc-99 の直接測定を可能にしました。つまり、溶出が不要で、液体シンチレーションカクテル剤と溶出液を混ぜ合わせる工程が必要ありません。

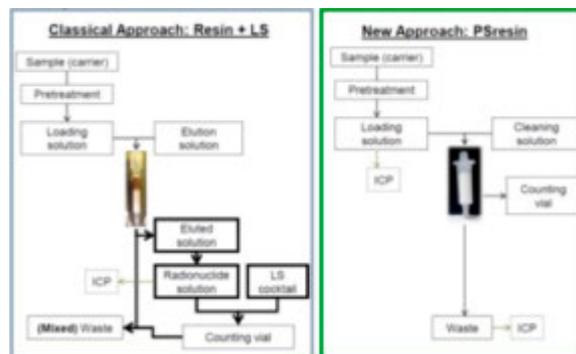
これにはいくつかの利点があります：

- ・ 緊急時における時間の確保
- ・ 混合放射性液体廃棄物が発生しない
- ・ 高濃度硝酸による Tc 溶出が不要、溶出液の蒸発 / 分注の工程が不要
- ・ レジンを LSC バイアルに押し込むためのカラムやカートリッジの切断が不要

特に後者 2 つのポイントが、高エネルギーサンプルを分析する際に放射線防護の点で重要となります。

化学収率は、内部標準として Re を使用して、ICP-MS または ICP-OES によって決定するのが理想的です。

次の図は、TK-TcScint レジンのような含浸 PSm をベースにしたレジンの新しいアプローチを、従来の方法と比較したものです。



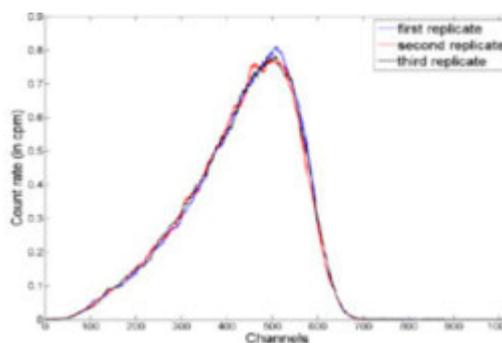
従来の放射線分析法と PS レジンアプローチの概要
(データ提供：Garcia 氏ら)

カートリッジを測定の際に 20mL 標準 LSC バイアルに入れることで、取り扱いが容易になり、LSC カウンターを汚染から回避することができます。

代表的な分析サンプルには、尿と様々な水サンプルが含まれます。地表水サンプルの場合、一般的に 2mL のカートリッジで破過量が 200mL を超えます。つまり緊急時や廃炉措置におけるスクリーニングとしてだけでなく、ルーチンの生物医学または環境モニタリングに使用できます。水サンプルの場合の化学収率は通常 > 98.8% です。

TK-TcScint レジンの使用によって得られる Tc-99 の検出効率 $89.5(0.6)\%$ と非常に高く、標準の 2mL カートリッジのバックグラウンドは $\sim 1.09\text{CPM}$ と低めです。(Quantulus™ 検出器の高エネルギーかつ low-coincident バイアス設定で取得)

TK-TcScint カートリッジは、平均 SQP(E) 値が 787(7) の低クエンチを再現良く示しています。下記は代表的な Tc-99 スペクトルであり、3 度の繰り返し測定で得られるスペクトルは一致しています。



TK-TcScint に選択された Tc-99 の液体シンチレーションスペクトル
(データ提供：Garcia 氏ら)

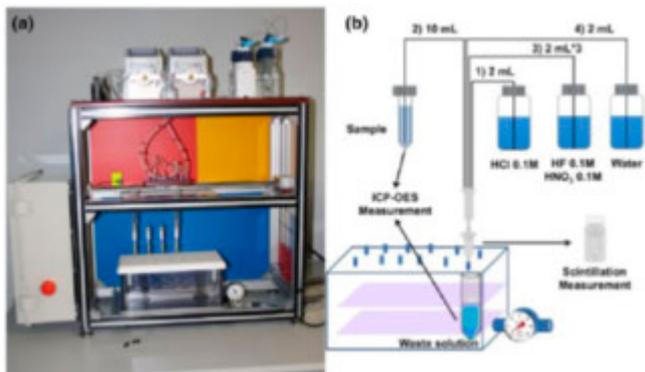
TK-TcScint カートリッジによる川や海水（一般的に 50mL）等の水サンプルの分析は単純なものです。必要に応じてろ過した後、数 mL の 30%過酸化水素を添加してサンプルを 90°C で 60 分間加熱し、過テクネチウム酸として Tc が存在することを確認します。溶液は濃塩酸を使用して 0.1M 塩酸になるように調製します。サンプルが室温になったら、分離の準備は完了です。

サンプル充填後、カートリッジを 0.1M 塩酸、0.1M 硝酸 / 0.1M フッ化水素（Th が存在していると推定される場合のみ）で続けて洗浄し、最終的には水で洗浄します。これらの洗浄は、Tc（および内部標準 Re）がカートリッジに留まっている間に起こりうる干渉を排除するために行います。充填フラクションと洗浄フラクションを合わせて Re 含有量を分析し、分離の化学収率を算出します。TK-TcScint カートリッジは直接 LSC カウンターで測定します。

著者は 2 つのスパイクした MAPEP サンプルと同様に、スパイクした水サンプルの予測放射エネルギーと実際の測定放射エネルギーの一致を確認しました。

50mL のサンプルを 180 分測定し、 0.15Bq/L^{-1} の検出下限を得ました。

この技法は簡単に自動化できます。著者は、モジュラーと真空吸引システムを基に、OPENVIEW-AMSS という名称の分離装置を独自で開発しました。マニュアルおよび自動化した両技法では、どちらも高い化学収率と検出効率を得ることができた上、並行してサンプル分析した際にも大きな違いはありませんでした。しかし、作業時間と放射線防護の点では、自動化には大きな利点があると言えます。



OPENVIEW-AMSS システムと水サンプルの代表的な分離の図式
(データ提供：Coma 氏ら)

TK-TcScint カートリッジは、著者が開発した装置だけではなく、Hidex Q-ARE 100（フィンランド Hidex 社製）のような装置とも互換性があります。

水サンプルだけではなく、尿サンプルを分析することも可能です。これらのサンプルはマトリックス負荷が多いため、徹底したサンプルの前処理が必要です。ここで述べる技法では、100mL の尿サンプルに濃硝酸を用いて湿式灰化した後、550°C のマッフル炉内でさらに灰化しています。

得られた灰は 3mL の濃硝酸で溶解し、脱イオン水を用いて 100mL まで希釈します。Tc が過テクネチウム酸塩として存在することを確認するため、過酸化水素を数 mL 添加し、溶液を 90°C まで 60 分間加熱します。前述のように Re を内部標準として用いました。

スパイクした尿サンプルの分析を通して、著者は含侵 PSm を用いたアプローチで正確な結果が得られることを証明しました。100mL のサンプルを 24 時間測定し、最少検出可能活性（MDA）が 0.036Bq/L^{-1} であると報告しました。

Tc-99、PSm の分析に加え、アリコート 336 含侵のレジンがオイルリザーバーダイナミクスの研究で放射性トレーサーとして使用される $[^{14}\text{C}]\text{SCN}^-$ の分析に応用できることを、Bagán 氏らが示しました。

TEVA レジンに選択性を与える化合物、アリコート抽出剤の選択性を考えると、TK-TcScint カートリッジを Pu 同位体や Po-210 のような他の放射性元素のスクリーニングに使用できる可能性があります。



主なアプリケーション

- テクネチウムの分離および LSC 測定に…