

MALSとICP-MSを組み合わせた非対称フローFFFによる タトゥーインク中の金属ナノ粒子の評価

一般情報

ID0055

アプリケーション：ナノ粒子、化粧品

テクノロジー：AF4-MALS-ICP-MS、Batch ICP-MS

機器構成：AF2000 MT、PN3621 MALS、Agilent 7700 ICP-MS

キーワード：非対称フローFFF、MALS、誘導結合プラズマ質量分析、
タトゥーインク、ナノ粒子、重金属

はじめに

タトゥーは男性と女性、特に若物の間で人気が高まっています。しかし人気が高まるにつれ、アレルギーだけでなく感染症も含めて、多くの悪影響が報告されています。これは、100種類以上の顔料といいくつかの添加剤と不純物を含むタトゥーインクは、配合が複雑になっています。顔料は通常、純度が低く、成分の大部分は欧州連合の化粧品への適用も承認されていません。この周知の事実にもかかわらず、タトゥーインク成分の評価の分析方法はまだ確立されていません[1]。

タトゥーインクの微粒子含有量を調査するための技術は、非対称フローFFF(AF4)とMALSおよび誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-MS)を組み合わせたものです[2]。本アプリケーションでは、AF4-MALS-ICP-MSにて、4つのタトゥーインク（アウトラインブラック、パープルディープバイオレット、グリーングラスホッパー、ブルーアイス）を評価しました。

AF4-MALSを使用した粒子状タトゥーインク成分のサイズ評価

AF4-MALSにて、4つのタトゥーインクすべての粒子サイズ分布を評価すると、ナノ粒子に重要な含有量があることが示されます。アウトラインブラック、グリーングラスホッパー、ブルーアイスはそれぞれ30~350 nm、35~550 nm、25~450 nmの範囲の慣性半径(R_g)の単峰性の粒子サイズ分布が明らかになりましたが、ディープパープルバイオレットは、粒子サイズ R_g 20~550 nmの範囲の二峰性分布を示しました（図1）。

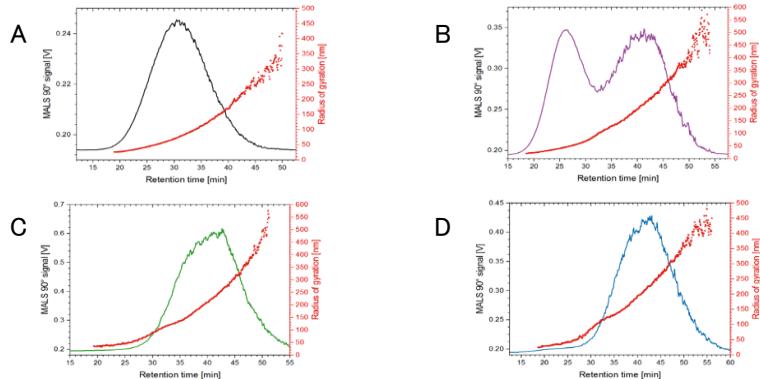


図1：アウトラインブラック(A)、パープルディープバイオレット(B)、グリーングラスホッパー(C)

とブルーアイス(D)のAF4-MALSフラクトグラムの重ね書き

AF4-ICP-MSを使用した粒子状タトゥーインク成分の化学的同定

ICP-MSとの接続により、AF4は粒子状のタトゥーインク成分のサイズ分離後の化学同定を可能にしました。アウトラインブラックには粒子状のチタン(Ti)と銅(Cu)が含まれ、アルミニウム(Al)は含まれず、グリーングラスホッパーとブルーアイスには3つの成分がすべて粒子状で含まれていることがわかります。ただし、パープルディープバイオレットには粒子状のTiおよびAlは含まれていますが、Cuは含まれていません(図2)。調査された金属は、すべてTiO₂、Al₂O₃、CuOなどの酸化物として顔料に存在する可能性が高いことを示しています。

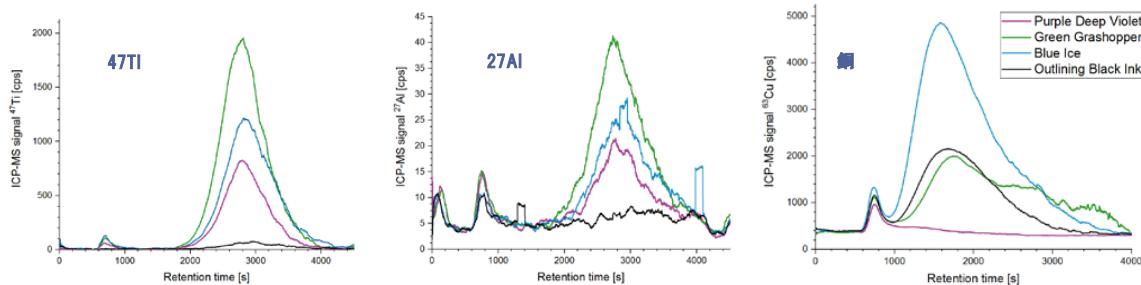


図 2 : 調査した4つのタトゥーインクのAF4-ICP-MS-フラクトグラム

AF4-ICP-MSとバッチ式ICP-MSの結果の比較

AF4-ICP-MSの結果をバッチ式ICP-MS測定と比較することにより、タトゥーインク中の粒子状金属と溶解金属間の定量的差異が得られました。Alは主に溶解していましたが、ほとんどのTiおよびCuは粒子状で存在していました(表1)。

| Sample | ^{27}Al [mg/mL] (AF4) | ^{27}Al [mg/mL] (Batch) | ^{47}Ti [mg/mL] (AF4) | ^{47}Ti [mg/mL] (Batch) | ^{63}Cu [mg/mL] (AF4) | ^{63}Cu [mg/mL] (Batch) |
|---------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------------|--|--------------------------------------|--|
| Outlining Ink Black | < LOD | < LOD | 7.28 | < LOD | 0.18 | 0.18 |
| Purple Deep Violet | 0.3 | 2.7 | 65.2 | 114.0 | < LOD | 0.001 |
| Green Grasshopper | 0.8 | 5.9 | 160.2 | 195.3 | 2.2 | 2.0 |
| Blue Ice | 0.4 | 5.9 | 109.6 | 196.9 | 4.6 | 4.2 |

1 : AF4-ICP-MSおよびバッチ式ICP-MSから得られた結果

まとめ

本アプリケーションはタトゥーインクの評価にAF4-MALS-ICP-MSが優れていることを示しています。ICP-MSはMALSデータから得られる粒子サイズ分布に加えて、さまざまな金属の元素分布をそれぞれの粒子サイズの関数として記載できるため、インクの組成に関する貴重な洞察が得られます。これにより、アレルゲンの可能性のある成分の識別と定量化が容易になるだけでなく、タトゥーインクの製造者が配合を改善し、より安全な製品開発につながる可能性があります。

参考文献

- [1] Piccinini P., Pakalin S., Contor L., Bianchi L., Senaldi C., Safety of tattoos and permanent make-up. Final report, EUR 27947 EN; doi: 10.2788/011817.
- [2] Bocca B., Sabbioni E., Micetic I., Alimonti A., Petrucci F., Journal of Analytical Atomic Spectrometry, 2018, 32, 616-628.