

3D プリンタによるミキシング構造の作製と応用

徳島大学薬学部薬学科 岡本 和将

3D プリントは様々な分野において注目を集めている技術である。紫外線照射により紫外線硬化樹脂を積層する stereolithography (SLA) 方式や、熱可塑性樹脂のフィラメントを溶かして積層する fused deposition modeling (FDM) 方式など、その方式も多彩である。近年は特許切れなどの影響もあり、様々なメーカーが参入することで、3D プリンタのさらなる高精度化、小型化、低価格化が進んでいる。3D プリンタ導入へのハードルはますます下がっていると言えるだろう。

分析化学の分野においては、特にマイクロ流路製作への活用がよく知られているが、それ以外のデバイス製作への活用も報告されている。Calderilla らは SLA 方式の 3D プリンタで製作可能なミキシング構造を考案し、鉄イオン[1]、6価クロム[2]の定量へ応用している。

彼らが報告したミキシング構造は、Figure 1 に示すように、立方体が規則的に配列している。彼らはこの構造を cube-matrix 構造と呼んでいる。ミキサーの大きさは、長さ 12.2 mm、内径 2.1 mm で、その内側に 0.4 mm 角で造形された立方体が 0.3 mm の間を開けて並べられている。立方体の角の部分が 0.05 mm ずつ重なるように各層を配置することにより、各立方体が支え合い、形状が保たれる。液体はこの cube-matrix 構造の中を通り抜ける際に混合される。

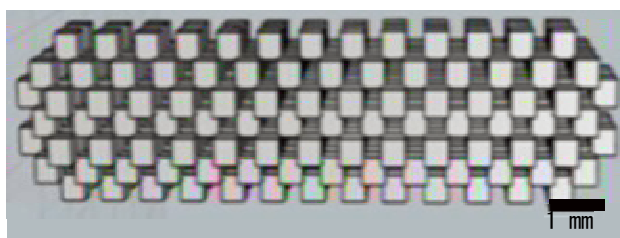


Figure 2 Detail of a cube-matrix mixer

彼らは、鉄イオン定量への応用[1]の中で、cube-matrix 構造の有用性について検討している。そのフローシステムでは固相抽出を用いているが、その前処理として過酸化水素による酸化、後処理としてチオシアン酸アンモニウムとの錯体生成(呈色反応)を行っている。これらの反応を一般的な反応コイル(内径 0.8 mm、長さ 27 cm)で行った場合と、cube-matrix 構造を用いたミキサーで行った場合とで比較した結果、吸光度が 0.3 程度から 0.5 超まで上昇し、検出感度が大幅に改善した。これは cube-matrix 構造によって高い混合効率が得られることを示している。

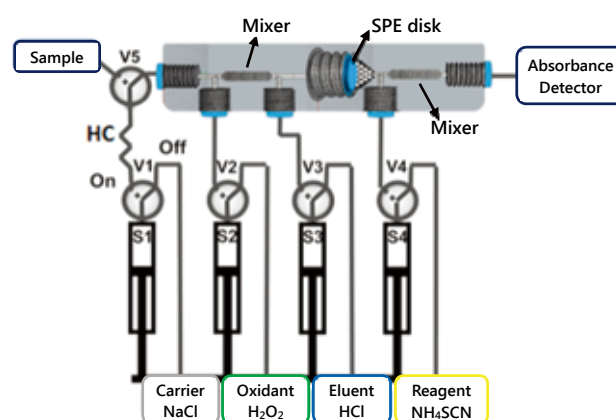


Figure 1 MSFIA set up (V1-V5: Three-way solenoid valves; S1-S4: Syringes; HC: Holding coil)

同報告の FIA システムは、Figure 2 に示すように、複数のシリンジポンプを用いて試薬を順に送り込む Multisyringe Flow Injection Analysis (MSFIA) と、固相抽出とを組み合わせたものとなっている。Cube-matrix 構造は、固相抽出ディスクを挟み込むデバイスと一体で 3D プリントされ、デバイス全体で長さ 62.1 mm、幅 21 mm と大変コンパクトに収まっている。LOD は 3 価鉄・総鉄とも 7 ng、直線範囲は 3 価鉄が 21 – 2400 ng、総鉄が 22 – 2400 ng、スループットは 15 /hour であった。地下水、浸出水試料について ICP-OES との比較も行っているが、それぞれの結果に有意な差は見られなかった。

Cube-matrix のような微細な構造を、流路の中など狭い領域に造形するのは SLA 方式の 3D プリンタの得意とするところである。このような構造を他の手法で再現性よく実現するのは困難であろう。今回のように前後のデバイスも 3D プリンタで製作可能な場合は、それらをまとめて一体成形することで、デッドボリュームの削減や、再現性の向上を図れるのも 3D プリンタプリントの魅力である。今後も 3D プリンタならではの造形力を活かした様々なデバイスの開発が期待される。

References

- [1] Carlos Calderilla, Fernando Maya, Víctor Cerdà, Luz O. Leal, *Talanta*, 175, 463 (2017)
- [2] Carlos Calderilla, Fernando Maya, Víctor Cerdà, Luz O. Leal, *Talanta*, 184, 15 (2018)