

# UV ナノインプリント法を用いたマイクロニードルの複製

関西大学 システム理工学部  
青柳誠司

## 1. はじめに

注射の痛みを少しでも軽減するため、針を細くし皮膚の痛覚神経（痛点。1 mm 間隔で存在，指先では 0.25 mm 間隔）への刺激を緩和することが重要な課題である<sup>1)</sup>。現在の市販の中空針の最小外径は 180  $\mu\text{m}$  (0.18 mm) であるが，完全な無痛穿刺は実現できていない<sup>2)</sup>。筆者らは，蚊を無痛針のモデルとして，マイクロマシン技術を援用して低侵襲性のマイクロニードルの研究を遂行している。人間が蚊に刺されてもほとんど痛みを感じない理由は，蚊の針の直径が約 30~50  $\mu\text{m}$  と極めて細いだけでなく，針が独特のギザギザ形状をしていることであると言われている<sup>3)</sup>。そこで過去に，MEMS (MicroElectroMechanical Systems) 技術を援用して，シリコン酸化膜<sup>4)</sup>，単結シリコン<sup>5)</sup>，ポリマー<sup>6,7)</sup>，金属<sup>8,9)</sup>を材料として，市販のものより細い注射針（マイクロニードル）の開発を行ってきた。針の外形も蚊を模倣してギザギザ形状にすることに注力してきた。

これらにおいて，針の凸型，またはその負型となるマスター形状を MEMS 技術や 3D 光造型技術（レーザーステレオリソグラフィ等）<sup>7)</sup>で作製し，型にポリマーを射出成形等で充填して離型を行うことでポリマー製の，型にメッキを行い離型する（剥がす）ことで金属製のマイクロニードルを作製している<sup>1,6,8)</sup>。これらの手法の問題点として，複数の転写プロセスを必要とし，作製時間が長いことが挙げられる。またマスターのギザギザ形状を転写するためには，型から離型できることを考えて，針の形状を平板状にしたり<sup>6)</sup>，中空針を半割した樋状のものにしたりする<sup>7)</sup>等の工夫が必要であり，針の形状に制限がある。

筆者らは，これら従来提案されている方法よりも簡便なマイクロニードルの作製プロセスの確立を目指し，ナノインプリント法の適用を試みてきた。具体的には，レーザーステレオリソグラフィ装置（ナノスクライブ社製，Photonic Professional GT. 分解能 0.2  $\mu\text{m}$ ）を用いてマスター形状として針の負型を作製し，これにメッキを行うことで金属製の負型を作製した。この負型を，融点付近まで加熱した生体適合ポリマー材料であるポリ乳酸を材料としたシートに，ナノインプリント法の 1 つである熱ナノインプリント法を利用して（明昌機工製のナノインプリント装置，型番：NM-0901HB を使用），押し付けて離型することにより，ポリマー製の中実針を作製した<sup>10)</sup>。ここでの問題点として，ギザギザ形状のように「返り」のあるような形状は，マスターから型が抜けにくい，また型から製品が抜けにくいことである。前者ではマスターを，後者では型を溶かすことにより対処することが可能であるが（ロストモールド法と呼ぶ），コストや生産効率の面で実用的ではない。

筆者らはこの問題を解決すべく，負型を，金属でなく，フレキシブルなシリコーンゴムの一種である PDMS (Polydimethylsiloxane) を用いて作製し，これを溶融 PLA に押し付けて，冷却してから離型する方法を提案した<sup>11)</sup>。PDMS の柔軟性に起因して，PDMS を変形させることでギザギザ形状を持つマスターから型を抜くこと，また型から PLA を抜くことに成功し（このような離型を，成形の現場では「ムリ抜き」と呼んでいる），ギザギザ形状を有する PLA 製のマイクロニードルの作製に成功している。この手法により，中空の PLA 製マイクロニードルの作製にも成功している<sup>12)</sup>。