

フジシール財団 研究助成事業
成果報告書

公益財団法人フジシール財団
理事長 岡崎 裕夫 殿

報告日 2022年4月12日

研究課題	表面成形加工によるナノ突起を施した抗菌・殺菌プラスチック容器の開発		助成金額
			400万円
ふりがな	たけい さとし	研究助成申請年度	
研究者氏名	竹井 敏	2021年度	
所属機関	富山県立大学 工学部 医薬品工学科 材料成形加工研究室	研究期間	
役職	教授	2021年4月1日～2022年3月31日	
連絡先	〒939-0398 富山県射水市黒河 5180 TEL 0766 (56) 7500 E-mail takeis@pu-toyama.ac.jp		

下記の通り、研究成果を報告いたします。

記

1. 研究成果の概要

現在、種々の抗菌加工容器や抗菌ラベル製品が存在し、一般的には抗菌・殺菌剤（有機系薬剤や銀イオン等）の材料への混練、もしくは材料表面へのコーティングにより作製されている。しかしながら、コーティング法では表面剥離による抗菌機能消失、混練法ではコスト高もしくは環境負荷が課題点となっている。新型コロナウイルス感染拡大防止予防のため、更に抗菌活性を高めた抗菌加工容器や抗菌ラベルが要求されている。

本研究は、近年先端鋭利なナノ突起構造上で細菌・ウイルスが死滅することが明らかになってきたことから（図1）、元々抗菌性活性を示す天然由来キトサン系ラベルフィルムの表面に微細構造（先端鋭利なナノ突起構造）を付加する方法で、効果持続的で安価かつ環境負荷軽減型の抗菌性プラスチック容器の提供を目指した。

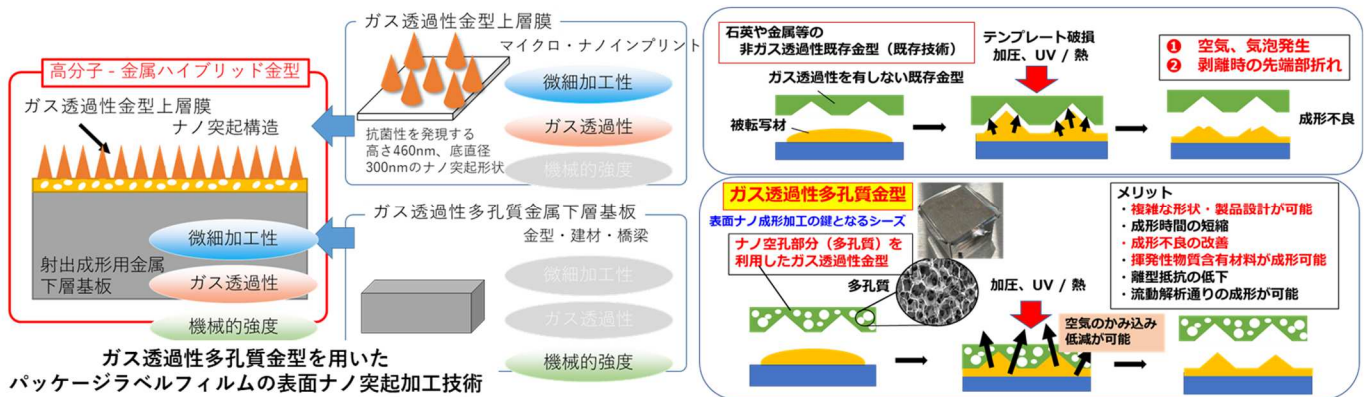


図1 先端鋭利なナノ突起構造上で菌が死滅する天然由来キトサン系抗菌プラの初期成果

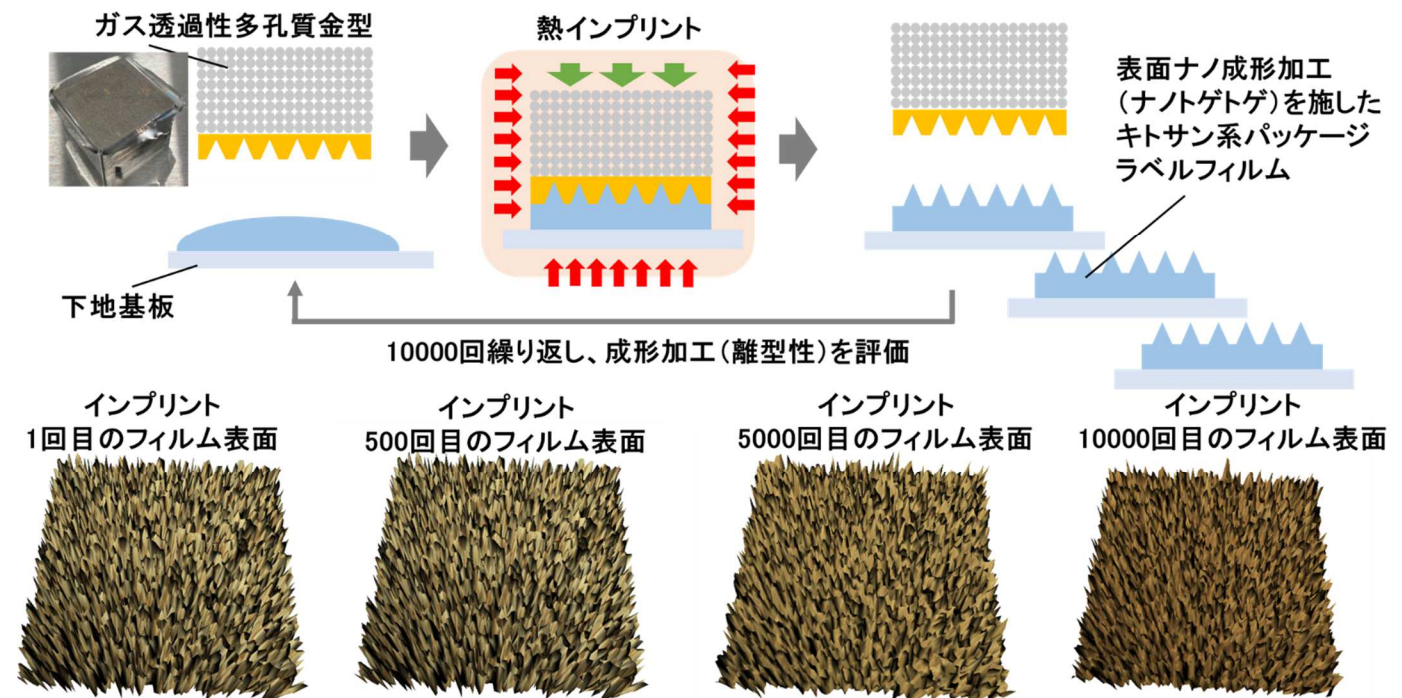
大学シーズの「表面ナノ成形加工ができるガス透過性多孔質金型（竹井：特願 2016-028091（登録 2020-6703253）、特願 2017-040285、2017 年とやま賞、2019 年フォトポリマー学会賞、Appl. Phys. Express, 13（2020）106506、及び Appl. Phys. Express, 15（2022）046502）」により、超微細なナノ突起（セミの羽のモスアイ構造）を新開発樹脂の表面に成形し、抗菌剤・薬剤を不要とする抗菌以上の効果を示す抗菌・殺菌プラスチック容器を初期開発した。

詳細を①ガス透過性金型によるパッケージラベルフィルムの表面ナノ成形加工、及び②表面ナノ成形加工を施したキトサン系パッケージラベルフィルムの抗菌性評価としてそれぞれ報告する。

最初に、①元々抗菌性活性を示す天然由来キトサン系パッケージラベルフィルムの表面に先端鋭利なナノ突起構造を付加するため、離型性に優れたガス透過性多孔質金型を試作した（図 2）。



高さ 460 nm、底直径 300nm の先端鋭利なナノ突起形状の反転パターンを施したガス透過性多孔質金型を用いて、図 3 上の熱インプリント工程を 10000 回繰り返して、一つのガス透過性金型材料を用いた表面成形加工の成功回数・離型性を評価した。天然由来キトサン系パッケージラベルフィルムの表面成形加工インプリントの回数依存性を図 3 下に示す。研究開始前の約 50 回で洗浄・交換が必要となった表面成形加工の成功回数を 5000～10000 回程度へ増加させることがガス透過性金型材料の設計要素とプロセス条件最適化により実現した。



次に、②表面ナノ成形加工を施したキトサン系パッケージラベルフィルムの抗菌性評価を行った。菌体懸濁液を播種し、播種直後と24時間後の生菌数を比較することで、抗菌活性値を算出した。天然由来キトサン系パッケージラベルフィルムの抗菌活性値（大腸菌）は、表面成形加工インプリントの回数に依存せず、インプリント成形回数10000回のフィルムにおいても良好な抗菌性が得られた。しかしながら、実験バラつきが大きく今後も研究継続が必要であることも分かったが、抗菌活性値が2.0以上（99%以上の死滅率）の先端鋭利なナノ突起を有する天然由来キトサン系パッケージラベルフィルムの試作ができた。

2. 研究成果のパッケージ産業への貢献の可能性

パッケージ産業に新たなパラダイムシフトが、本成果（ハスの葉やカタツムリの殻で有名なバイオミメティクスの一つである殺菌・抗菌・防汚性を示す表面ナノ突起構造を、工業的に天然由来キトサン系パッケージラベルフィルムの表面に施し、生物の優れた特性を模倣した本来のキトサン由来の抗菌性を飛躍的に改善できる研究結果）により起こる可能性を示した。

銀等の抗菌薬剤を使用する場合の課題の一つであった、先端鋭利なナノ突起構造が耐性菌を生まれにくい利点を明確化できれば、ナノ突起を活用する製品は、従来の食品・化粧品・医薬品容器等のコモディティ分野だけでなく、抗菌・防汚・撥水性等の機能発現を必要とする電池、自動車、航空機、生物医学、センサー等のスペシャリティ分野にも展開できる可能性がある。

3. 学会発表、学会誌等への論文掲載、産業財産権出願などの実績

1. Rio Yamagishi, Sayaka Miura, Kaori Yasuda, Naoto Sugino, Takao Kameda, Yuki Kawano, Yoshiyuki Yokoyama, Satoshi Takei: "Thermal nanoimprint lithography of sodium hyaluronate solutions with gas permeable inorganic hybrid mold for cosmetic and pharmaceutical applications" Appl. Phys. Express, 15 (2022) 046502.
2. Syoji Ito, Kengo Hiratsuka, Satoshi Takei, Hiroyasu Nishi, Daichi Kitagawa, Seiya Kobatake, Hiroshi Miyasaka "Spatial distribution of single guest molecules along thickness of thin films of poly(2-hydroxyethyl acrylate)" Photochemical & Photobiological Sciences, 2022, 1-10.
3. Syoji Ito, Misato Funaoka, Itsuo Hanasaki, Satoshi Takei, Masakazu Morimoto, Masahiro Irie, Hiroshi Miyasaka "Visualization of the microstructure and the position-dependent diffusion coefficient in a blended polymer solid using photo-activation localization microscopy combined with single-molecule tracking based on one-color fluorescence-switching of diarylethene" Polym. Chem., 2022, 13, 736-740.
4. Naoto Sugino, Satoshi Takei, Toshiyuki Yokoyama, Yuki Kawano, Riku Miyazaki, Kaori Yasuda, Takao Kameda: "Development of Polymer-Metal Hybrid Injection Molds for Fine Transfer" 37th International Conference of the Polymer Processing Society (PPS-37) G01-32(2022).
5. 竹井敏、杉野直人、亀田隆夫、横山義之、川野優希「ナノ加工用ガス透過性金型の研究進捗」北陸技術交流テクノフェア2021、2021年10月21日
6. 長谷川祐美、成安花南、竹井敏、杉野直人、亀田隆夫、横山義之、川野優希「ガス透過性ハイブリット金型を用いた射出成形」、高分子学会北陸支部研究発表会、オンライン、2021年11月28日
7. 竹井敏、山岸里緒、三浦早耶香「ガス透過性金型による1cm²当たり100万本以上の超微細なマイクロネードルの開発」化粧品 開発展 [東京] -COSME Tech 2021、2022年1月14日