

# ●新規樹脂練り込み用抗ウイルス加工剤「ノバロン® IV4000」 Novel antiviral processing agent for resins “NOVARON® IV4000”

熊谷 康平、山田 喜直  
Kohei Kumagai, Yoshinao Yamada

Keywords : Antivirus, Resins, Inactivation, Inorganic material, Antibacterial

## 1 はじめに

新型コロナウイルス感染症である COVID-19 は、人々の健康や経済に対して世界規模で多大なる影響を及ぼしてきた。2023 年に漸く感染症法上の位置付けでは季節性インフルエンザと同類の「5 類」へ移行し、「ウィズコロナ」としての経済活動が本格的に稼働し始めたものの、世界各国で新たな変異株が報告されるなど、今後も一定の流行が続くことが危惧される。これらの背景から、身の回りのプラスチック製品や繊維製品に対して抗ウイルス効果を付与することには一定のニーズが予想される。実際に、公共施設や住宅への抗菌・抗ウイルス加工の施工がここ数年で急速に広まっており、繊維評価技術協議会 (SEK) や抗菌製品技術協議会 (SIAA) の認証マークを受けた抗ウイルス加工製品も急速に増加している。これらの認証マーク制度は、ある一定の抗ウイルス効果を発現し、かつ安全性のある製品に認証を付与するものである。抗ウイルス加工方法としては、「コーティング」と「樹脂練り込み」の 2 種類に大別される。前者は製品の表面に加工ができるため効果を発現しやすい特長があり、後者は安価な成型加工コストや高い耐久性が特長である。また、耐熱性や安全性が高い抗ウイルス加工剤には無機系材料が多く<sup>2,3)</sup>、中でも抗菌剤として広く普及している銀系材料 (銀担持金属酸化物、銀ナノ粒子等) の展開が進んでいる<sup>4)</sup>。

## 2 既存の抗ウイルス加工剤

当社の銀系抗ウイルス加工剤である「ノバロン AG1100」をコーティング加工したフィルム、および、練り込み加工した樹脂の抗ウイルス活性値をそれぞれ表 1、表 2 に示す。抗ウイルス活性値は式 1 によって算出した。

表 1 ノバロン AG1100 加工フィルムの抗ウイルス活性値

添加量 [wt%]	膜厚 [μm]	加工量 [g/m <sup>2</sup> ]	抗ウイルス活性値
2	3	0.05	2.3
	7	0.1	3.8
5	8	0.4	4.1
20	2	0.4	4.0

表 2 ノバロン AG1100 練り込み樹脂の抗ウイルス活性値

樹脂種類	樹脂への無機フィラー添加量		
	2 wt%	3 wt%	4 wt%
PMMA	0.1	1.8	3.9
PP	—	0.4	2.5
ABS	0.2	0.1	0.5

SIAA の認証基準は抗ウイルス活性値が 2.0 以上であり、抗ウイルス加工樹脂はブランク樹脂と比べて、感染力を持つウイルス数 (ウイルス感染価) が 100 分の 1 以下になることである。

抗ウイルス活性値:  $R = U_t - A_t \dots (式 1)$

$U_t$ : ブランク (未加工) 樹脂の 24 時間作用後の 3 検体のウイルス感染価の常用対数値の平均値

$A_t$ : 抗ウイルス加工樹脂の 24 時間作用後の 3 検体のウイルス感染価の常用対数値の平均値

表 1 に示すように、「ノバロン AG1100」による表面加工を施したフィルムの抗ウイルス活性値は 2.0 以上であり、「コーティング」用途で高い抗ウイルス効果が確認された。一方、「樹脂練り込み」用途では、表 2 に示すように、抗ウイルス活性値 2.0 以上を発現させるためには、4 wt% 以上の添加量が必要であった。樹脂練り込み加工では低添加量で高い抗ウイルス効果を付与できる剤が市場になく、抗ウイルス加工剤の添加による高コスト化と樹脂の物性低下が懸念される。そこで、当社では樹脂への添加量を最小限に抑え、かつ、高い抗ウイルス効果を付与できる新規樹脂練り込み用抗ウイルス加工剤「ノバロン IV4000」を開発したので紹介する。

## 3 樹脂練り込み用抗ウイルス加工剤「ノバロン IV4000」

「ノバロン IV4000」は無機成分のみから成り耐熱性が高く、各種樹脂に対して 2 wt% の添加で高い抗ウイルス効果を付与できる。また、銀を含有していないため変色しにくく、低コストな特長を持つ新規樹脂練り込み用抗ウイルス加工剤である。

東亜合成株式会社 R&D 総合センター 製品研究所

New Products Research Laboratory, General Center of R&D, TOAGOSEI CO., LTD.

### 3.1 「ノバロン IV4000」の物性値

「ノバロン IV4000」は外観が白色であるため、色調外観を損なわずに加工することができる（図1）。また、平均粒径が約 10 μm の微粉末であり、耐熱性が高く、緩め嵩比重が 0.8 g/cm<sup>3</sup> と比較的大きく、粉体として扱いやすい特長を有している（表3）。



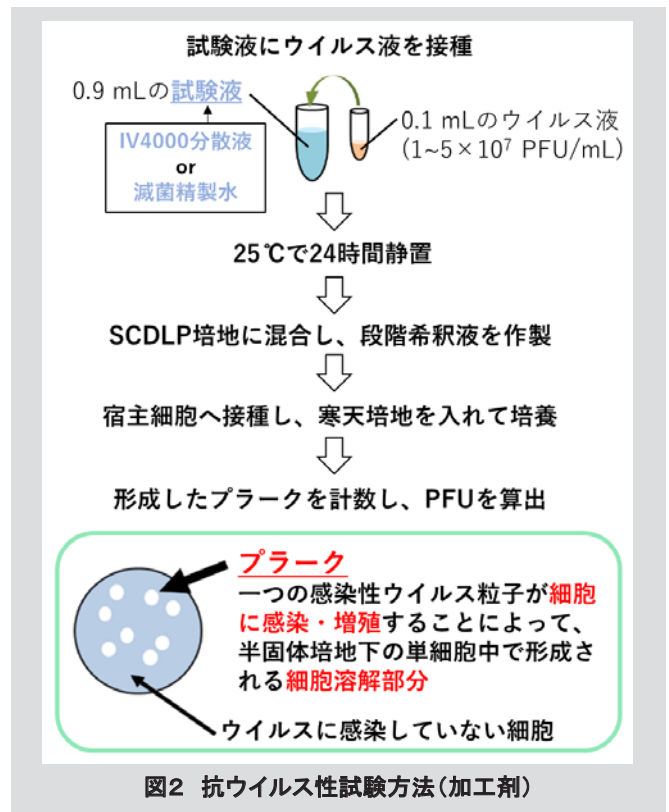
図1 「ノバロン IV4000」

表3 「ノバロン IV4000」の代表物性

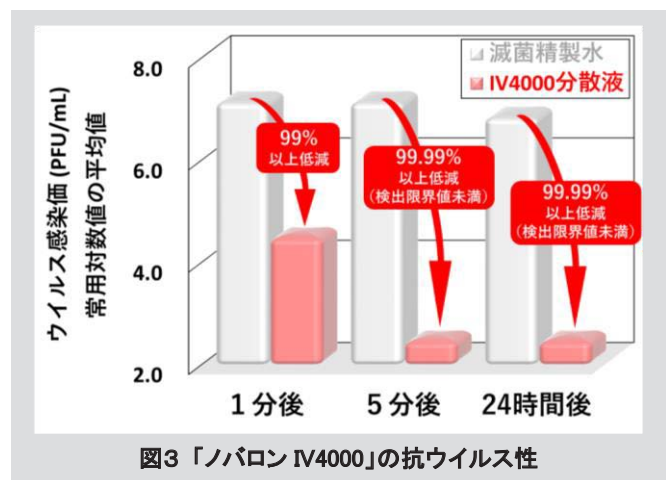
項目	物性
外観	白色
平均粒径	約10 μm
耐熱温度	300℃以上
水分量	< 1 wt%
緩め嵩比重	約0.8 g/cm <sup>3</sup>

### 3.2 「ノバロン IV4000」の抗ウイルス性

まず、「ノバロン IV4000」の水分散液を用いて、A型インフルエンザウイルス（H1N1）に対する抗ウイルス性を評価した。試験はSIAAが定める「抗ウイルス加工剤の抗ウイルス性評価方法」に準拠して実施した（図2）。滅菌精製水で800 μg/mLとなるように調製した「ノバロン IV4000」分散液900 μLにウイルス懸濁液100 μLを混合し、25℃で24時間静置後、プラーク測定法により感染性を持つウイルス数（ウイルス感染価）を測定した。プラーク測定法はウイルスに感染した細胞が変性することを利用したウイルス感染価の測定方法である。単層培養した宿主細胞へ段階希釈したウイルス液を接種し、寒天培地を入れて培養後、形成したプラークを計数し、希釈倍率をかけてプラーク形成単位（PFU：Plaque Formation Unit）を算出するものである<sup>5)</sup>。対照は滅菌精製水を用いた同様の手順で操作した。SIAAでは抗ウイルス加工剤のウイルスへの作用時間は24時間に設定しているが、短時間における抗ウイルス性を評価するため、接触時間を1分、5分とした試験も加えて実施した。

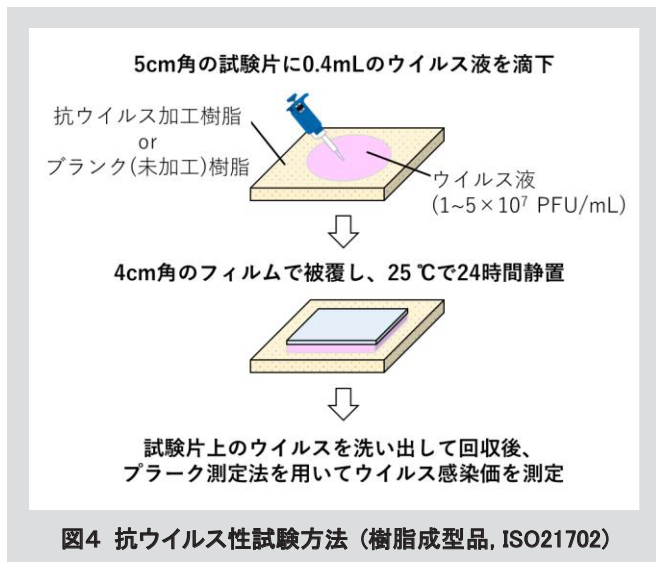


結果を図3に示す。ウイルス液と24時間接触後、「ノバロン IV4000」の0.08 wt%水分分散液は、「ノバロン IV4000」を含まない滅菌精製水のみと比較してウイルス感染価を99.99%以上低減させた。さらに、「ノバロン IV4000」とウイルスが接触して1分後にウイルス感染価は99%以上低減しており、5分後にはウイルス感染価が検出限界値以下になった。この結果から、「ノバロン IV4000」は非常に短時間で抗ウイルス効果を発現すると言える。人が手で触れる製品など即効性が期待される用途にも「ノバロン IV4000」が有効に適用できる可能性を示した。

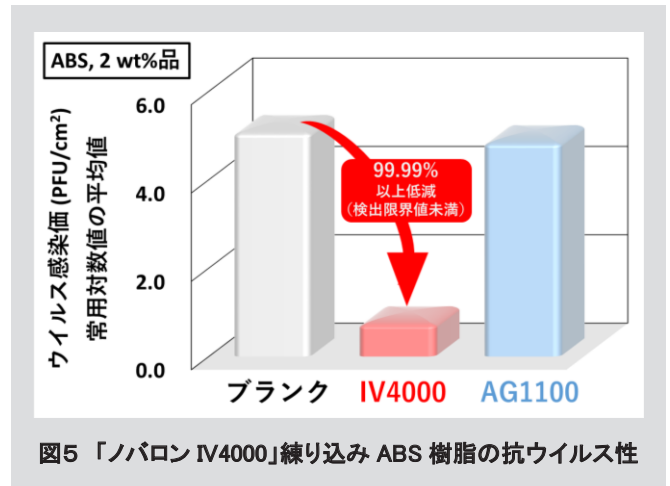


### 3. 3 「ノバロン IV4000」練り込み樹脂の抗ウイルス性

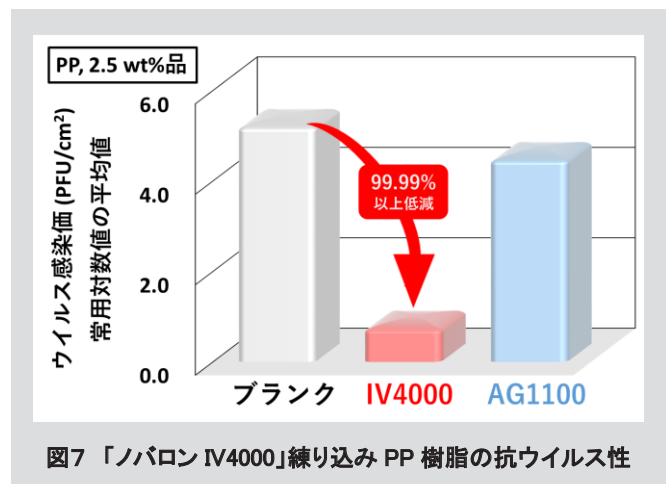
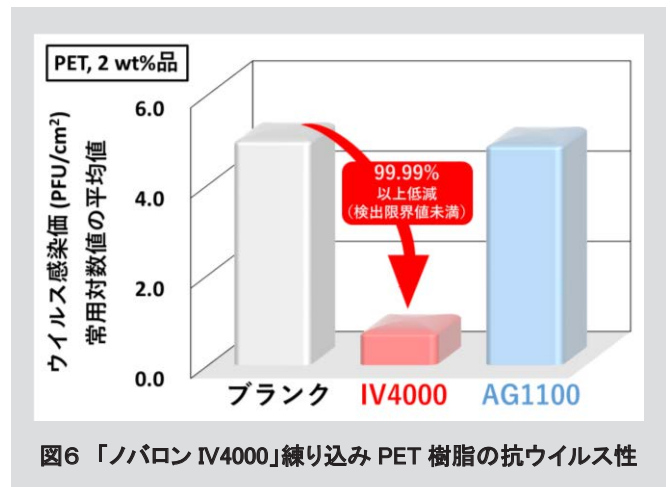
「ノバロン IV4000」を各種樹脂ペレット（ABS、PET、PP）に添加して射出成形することで抗ウイルス加工樹脂プレートを作製した。同時に、「ノバロン IV4000」を加えていないブランク（未加工）樹脂プレートも作製した。これらの樹脂プレートに対して、ISO21702：「プラスチック及びその他の非多孔質表面の抗ウイルス活性の測定」に従って抗ウイルス性試験を実施した。試験方法を図4に示す。5 cm 角にカットした抗ウイルス加工樹脂あるいはブランク樹脂の表面に、 $1\sim 5\times 10^7$  PFU/mL に調製したA型インフルエンザウイルス（H3N2）液を0.4 mL 滴下し、4 cm 角のフィルムで被覆後、25°Cで24時間静置した。その後、樹脂表面に滴下されたウイルス液を洗い出して回収し、この回収液に対してプラーク測定法でウイルス感染価をそれぞれ計測し、式1より抗ウイルス活性値を算出した。SIAA の認証基準は、式1で示す抗ウイルス活性値が2.0 以上であり、ウイルス感染価の低減率は99%以上に相当する。



「ノバロン IV4000」を2 wt%練り込んだABS樹脂の抗ウイルス性試験結果を図5に示す。ウイルス懸濁液との接触24時間後に、ブランクABS樹脂のウイルス感染価は5.1であったのに対し、「ノバロン IV4000」を練り込んだABS樹脂では0.8未満であり、ウイルス感染価は99.99%以上低減し、抗ウイルス活性値は $>4.3$ となった。「ノバロン IV4000」はABS樹脂へ2 wt%練り込むことでインフルエンザウイルスに対して、非常に高い抗ウイルス効果を発揮する。



同様に、「ノバロン IV4000」をPET樹脂に2 wt%、PP樹脂に2.5 wt%練り込んだ試験片の抗ウイルス性試験結果を図6、図7にそれぞれ示す。いずれの場合も、24時間のウイルス感染価はブランク樹脂と比較して99.99%以上低減しており、「ノバロン IV4000」は幅広い種類の樹脂に対して低添加量で高い抗ウイルス効果を付与することができることを示した。



### 3. 4 「ノバロン IV4000」練り込み樹脂の抗菌性

「ノバロン IV4000」は抗ウイルス性能だけでなく、非常に高い抗菌効果も示す。代表的な細菌である大腸菌と黄色ブドウ球菌に対する抗菌効果を表4に示す。抗ウイルス加工樹脂の場合と同様に、ブランク樹脂と比べて細菌数が100分の1以下になった場合、抗菌活性値は2.0以上となり、SIAAの認証基準を満たすことになる。

「ノバロン IV4000」を2 wt%練り込んだABS樹脂、PET樹脂、およびPP樹脂の24時間後における抗菌活性値はいずれも、大腸菌で6.3以上、黄色ブドウ球菌で4.3以上となり、非常に高い抗菌性を示した。

表4 「ノバロン IV4000」練り込み樹脂の抗菌性

細菌種	特徴	抗菌活性値
大腸菌	食品や飲料水の汚染指標菌	> 6.3
黄色ブドウ球菌	化膿、敗血症、食中毒の原因菌	> 4.3

### 3. 5 「ノバロン IV4000」練り込み樹脂の強度

「ノバロン IV4000」の添加による樹脂強度への影響を確認するため、「ノバロン IV4000」を2 wt%練り込んだABS樹脂、およびブランク（未添加）ABS樹脂の引張試験を実施した。試験はJIS K 7161-2に準拠した方法に従い、厚さが約1 mmの1BA形試験片に対して、試験速度を20 mm/min、チャック間距離を58 mmとし、n=5で樹脂強度を評価した（表5）。両者で、降伏応力、降伏呼びひずみ、破壊応力、破壊呼びひずみはほとんど変わらず、「ノバロン IV4000」の添加による樹脂強度への影響は殆どないことが分かった。

表5 ブランクABS樹脂と「ノバロン IV4000」を2 wt%練り込んだABS樹脂の引張試験結果

試料名	降伏応力 [MPa]	降伏呼びひずみ [%]	破壊応力 [MPa]	破壊呼びひずみ [%]
ブランクABS樹脂	53.2	2.6	40.9	6.8
IV4000練り込み樹脂 (ABS, 2 wt%練り込み)	49.5	2.7	40.4	7.1

### 3. 6 「ノバロン IV4000」練り込み樹脂の耐光性

「ノバロン IV4000」あるいは銀系抗菌剤「ノバロン AG1100」を3 wt%練り込んだ抗ウイルス加工PP樹脂、およびブランク（未添加）PP樹脂の耐光性を評価した。サンシャインウェザーメーターを用いて、各種樹脂に対して80時間（屋外4週間相当）の照射を行い、その前後の樹脂の外観色の変化を観察した。試験前後の各種樹脂の写真を図8に示す。銀系抗菌剤である「ノバロン AG1100」はPP樹脂に対して3 wt%

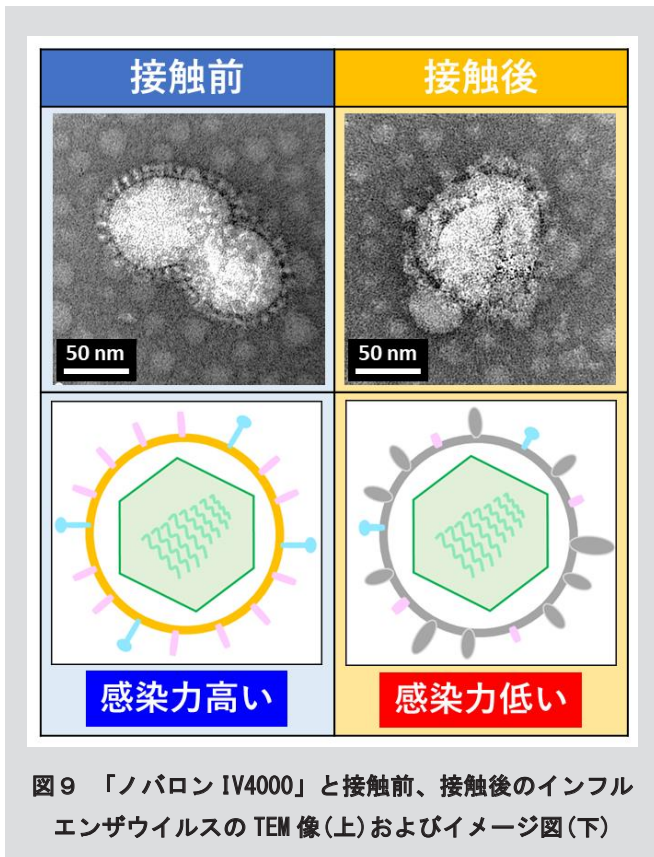
添加すると、照射によって樹脂の黄変が進行する。一方、銀を含まない「ノバロン IV4000」を練り込んだPP樹脂は、ブランクPP樹脂と同様に、照射前後でほとんど外観色の変化がなかった。



図8 ブランクPP樹脂、抗ウイルス加工剤練り込みPP樹脂(3 wt%練り込み)の照射前後の外観写真

### 4 「ノバロン IV4000」接触ウイルスのTEM観察

A型インフルエンザウイルス(H1N1)の「ノバロン IV4000」との接触前後の透過型電子顕微鏡(TEM)写真とそのイメージ図を図9に示す。観察は中部大学大学院生命健康科学研究科生命医科学専攻伊藤研究室で実施した。「ノバロン IV4000」と接触前のインフルエンザウイルスは、球状の表面に突起スパイクが数多く生えているエンベロップ構造をとっていることが確認された。一方、「ノバロン IV4000」と接触してから5分経過後のウイルスは、球状のエンベロップ構造自体は残っているものの、インフルエンザウイルス粒子に特有な表面突起スパイクの形状が変化しており、その量も減少していた。一般に、インフルエンザウイルスのヒト細胞への感染は、ウイルスのスパイクが細胞表面のレセプターであるシアル酸と結合し、ウイルスが細胞内に侵入することで引き起こされる<sup>6)</sup>。このことから、「ノバロン IV4000」の抗インフルエンザウイルス作用メカニズムは、感染に重要な役割を果たすウイルス表面の突起を変性させることにより、細胞へのウイルスの感染を阻害する可能性が高いといえる。



- 6) 株式会社東レリサーチセンター, “抗菌・防カビ・抗ウイルス”, (2015) pp.14~16.

## 5 おわりに

インフルエンザウイルスに対して高い抗ウイルス効果を発現する樹脂練り込み用抗ウイルス加工剤「ノバロン IV4000」を新たに開発した。本材料を各種樹脂に対して 2 wt%練り込むことで非常に高い抗ウイルス効果を付与できる。また、銀を含まないため変色しづらく、従来の抗ウイルス加工剤よりもコストを抑えることができる。「ノバロン IV4000」により、抗ウイルス加工が樹脂練り込み用途へ広く展開されることを期待する。今後、より多くのエンドユーザーに利用して頂き、少しでも多くの人々に快適な生活空間を提供し、ウィズコロナの新たな生活様式を手助けできれば幸いである。

## 引用文献

- 1) 塗料報知新聞社, “塗布と塗膜”, vol.9, No.3 (2020) pp.34~35.
- 2) 山田喜直, 東亜合成研究年報, **22**, 6 (2019).
- 3) 飯田恵、山田喜直, 東亜合成研究年報, **24**, 24-29 (2021).
- 4) 松村吉信, “抗ウイルス・抗菌製品開発”, (2021) pp.225~248.
- 5) Gaush, C. R., Smith, T. F., *Applied Microbiology* **16**, 588-594 (1968).