

## 透明フレキシブル電波反射フィルムの研究開発とその応用発展

(積水化学<sup>1</sup>) ○野本 博之<sup>1</sup>

Research and Development of Transparent Flexible Radio Wave Reflection film and its Application Development (<sup>1</sup>*Sekisui Chemical Co., Ltd.*) ○Hiroyuki Nomoto<sup>1</sup>

In a broad sense, metamaterials mean "substances that exhibit functions beyond those found in nature." If expressed more concretely, they can be called "a material system that directly affects the apparent parameter by aligning structures below the wavelength". Especially when electromagnetic waves are used, they are called electromagnetic metamaterials.

In recent years, electromagnetic metamaterials have been increasingly used in mobile communications using microwaves. Their applications are antennas for communications and devices related to radio wave propagation control such as reflectors. This is because millimeter to micro - order wiring processing technology based on semiconductor manufacturing technology has become inexpensive. As a result, applications have been actively explored.

Reflectors used for microwave and other communications are called RIS (Reconfigurable Intelligent Surface). There are stages from normal reflection without power supply to dynamic control of reflection direction with power supply. Metamaterials are used for RIS to control the reflection direction and to select the frequency to be reflected. Metasurfaces, a form of metamaterials suitable for RIS, control the phase distribution of reflected waves and the direction of reflected waves by shifting the timing of reflected waves in the surface.

Sekisui Chemical began research on metamaterial technology in 2004 with the background of research and development on semiconductor processing technology and photonic crystals. In 2021, Sekisui Chemical developed a transparent flexible radio wave reflective film based on the concept of metamaterials. This transparent flexible radio wave reflective film transmits visible light, is transparent and flexible, and completely reflects microwaves. In the wireless communication field, the material that totally reflects microwaves is only a conductor and a thick metal plate, and it is novel that it can be made of transparent materials. This transparency is especially effective when it is implemented in society. It does not disturb the appearance, and it has the potential to create unprecedented value such as being able to see things behind it. Moreover, because it is thin and flexible, it can be implemented anywhere in society.

In this lecture, we will explain how materials from the chemical field such as "Transparent Flexible Radio Reflection Film" are being accepted in the wireless communication field with examples. In particular, applications for 5G communication and development of experimental facilities for wireless communication between autonomous mobile bodies will be explained.

*Keywords : Metamaterials; 5G; RIS*

メタマテリアルとは、広義には「自然界にある物質を超える機能を示す物質」を意味する。より具体的に表現するならば、「波長未満の構造体を整列させることにより、見た目の屈折率に直接作用する材料系」といえる。特に電磁波について扱う場合、電磁メタマテリアルと呼ばれる。

近年、電磁メタマテリアルは、マイクロ波を用いた移動体通信において用いられることが増えてきた。用途は、通信用のアンテナや、反射板などの電波伝搬の制御に係るデバイスである。半導体製造技術をもとにしたミリ～マイクロオーダーの配線加工技術が安価となってきたことが背景にある。これにより試作規模が増大し、用途探索が進んだ。

マイクロ波などの通信に用いられる反射板は RIS (Reconfigurable intelligent surface) と呼ばれる。電力の供給を受けず正規反射のみを行う段階から、電力の供給を受けて反射方向を動的に制御する段階までが存在する。RIS にメタマテリアルが用いられる理由は、反射方向の制御を行うことや、反射する周波数を選択するためである。RIS に好適なメタマテリアルの一形態であるメタサーフェスは、面内での反射波が生じるタイミングをずらしていくことで、反射波の位相分布を制御し反射波の向かう方向を制御している。

積水化学は、半導体加工の技術やフォトニック結晶に関する研究開発を背景に、メタマテリアルを扱う技術について 2004 年より研究を開始し、2021 年にメタマテリアルの考え方を設計に用いた透明フレキシブル電波反射フィルムを開発した。この透明フレキシブル電波反射フィルムは、可視光を透過し、透明かつフレキシブルでありながら、マイクロ波を全反射する特性を持つ。無線通信分野においては、マイクロ波を全反射する材料は、導体であり、分厚い金属板しかなく、透明なもので作成できること自体が目新しい。この透明性は、特に社会実装する際に効果があり、外観を損ねない他、裏側にあるものを見ることができるなど、これまでにない価値を生む可能性を秘めている。また、薄型かつフレキシブルであることから、社会実装する場所も選ばない。

本講演では、「透明フレキシブル電波反射フィルム」のような、化学分野から生じた材料が無線通信分野でどのような形で受け入れられつつあるのか、事例を交えて説明していく。特に、5G 通信向け用途や、自律移動体間の無線通信に係る実験設備の開発用途について説明する。