

## 1 概要

超高速、超低遅延、多数同時接続という特徴を軸とした第5世代移动通信システム(5G)の商業利用が開始され、各分野において様々な利用方法が検討されている。5Gが産声を上げたばかりの状況ではあるが、日本を含めた世界各国では第6世代通信の研究が行われはじめた。本稿は、第5世代以降の高速通信での使用が見込まれているギガ・テラヘルツ帯電波を、効果的に吸収する材料についての研究を報告する。

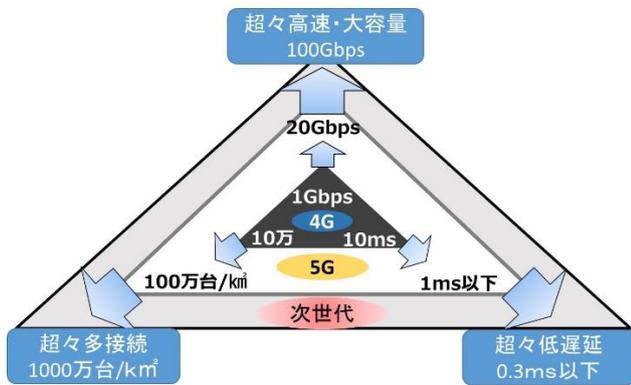


図1：4Gから次世代高速通信(6G)への進化イメージ

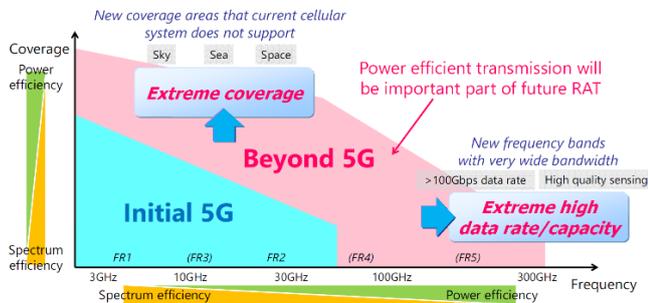


図 4-4. 高周波数帯開拓とカパレッジ拡張を目指した無線アクセス技術の拡張

図2：5Gの高度化と6G<sup>1)</sup>

本研究は微生物や生物組織の3次元微細構造を鋳型に、金属・無機材料などの異種材料を構造転写し、新機能を開拓するバイオテンプレート技術を用いた事に大きな特徴がある。鋳型となったのはマイクロメートルスケールでらせん形状をもつ藻類スピルリナである。スピルリナを人工的に培養したのち固定化し、無電解めっきを施すことで高周波電波を高効率に吸収する微小金属コイル(=マイクロコイル)を作成することに成功した。このプロセスは、鋳型となる藻類の光合成によるCO<sub>2</sub>固定化により、低炭素社会の実現にも有効な技術である。

本研究は大きく三つのコア技術から構成される。まず第一にスピルリナの培養においては、そのらせん形状を可能な限り均一化するための培養条件の設定と培養産物の固定化技術が必要となる。そのため、スピルリナの培養はパナック株式会社新川崎ラボにおいて、光量・通気量・攪拌速度・培地組成などの各種パラメーターの数値を振った試験区を設定した。各試験区の評価は培養産物の出来高のみならず、個体の形状についても詳細な記録を行うこととした。その結果、培養条件の変更に応じてスピルリナのらせん角や巻数に変化が生じる事を見出し、本研究の用途である電波吸収に最適な形状を作り出すための培養条件の設定が可能となった。これに加え、培養産物を腐敗させることなく形状を保持し、めっき工程を含むダウンストリームプロセスに耐えられる強度を与えるため、組織化学的手法を用いた培養産物の固定化方法の検討も行った。

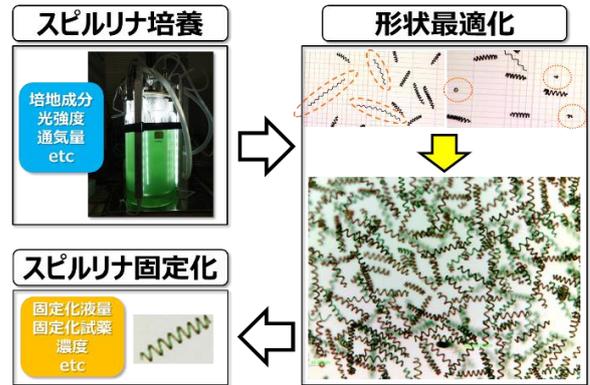


図3：スピルリナの培養から固定化イメージ

第二に、微小な有機体表面に金属皮膜を形成するための表面処理技術(無電解めっき)も重要な技術要素である。無電解めっきを用いることで、多量のスピルリナに一括で銅やニッケルなどの金属を被覆することができる。スピルリナは巻き外径20μm、長さ100μm程の微小コイル体であるため、粉体めっき技術(微粒子等へのめっき)を活用した<sup>2)</sup>。

粉体めっきでは板状の基板や成型品と比べて表面積が大きいと、一般的なめっき液を用いると、めっき反応が激しく水素ガスが多量に発生し、「めっき反応ガスによる発泡」が課題となる。発生した泡は液面に滞り、泡にトラップされたスピルリナにはめっきが析出しない。

反応ガスの発生を抑えるため、めっきの浴温や還元

剤濃度を低下させたことで発泡を抑制することができたが、析出性が不十分である場合、光沢性に乏しい外観となった。そのため、めっき析出性が損なわれない程度にめっき反応を抑制することで、発泡性低減とめっき析出性を両立できる、微細藻類スピルリナに対応しためっきプロセス「OPC SBT プロセス」を開発した。これにより、図4に示すような良好な外観のマイクロコイルが得られた。

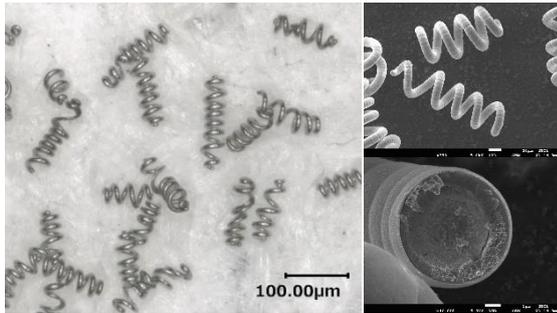


図4：マイクロコイル外観

そして第三にマイクロコイルを低密度分散した樹脂成型技術がある。樹脂への分散においては、マイクロコイルその構造を保ったままを破碎することなく、均一にランダム分散させることが肝要である。この樹脂成型品が将来の利用電波として期待される数百ギガ～数テラヘルツの電磁波を広帯域に渡り吸収することを確認した。

高速・大容量の情報通信、自動運転システムにおいて利用電波の高周波化が進展する中、セキュリティ・電波干渉・電波障害に備えた電波の安全活用が求められている。検討を進めている電波吸収材料は、電子機器からの高周波ノイズや、送受信電波の予期しない反射による誤動作などの電波障害を低減し、有用な電波利用インフラの安全運用に貢献できると考えている。

## 2 特徴・特性・想定される用途

### (1) 特徴

高周波帯域で用いる電波吸収材料として、ピラミッド形状の発泡ウレタンや、磁性材料等を樹脂に混練したシートタイプ等が市販されている。電磁波吸収帯域としては 200GHz 域までであるが、それぞれ吸収波長に合わせた組成、構成の設計が必要である。本電波吸収材料はその必要性はなく、数百ギガ～テラヘルツ帯域までのブロードな吸収特性を有している。

その特徴として、

- 1) 焼成、粉碎プロセスがないため、他のプロセスに比べ、投入するエネルギーが極めて少ない。部材製造上、省エネルギー、低炭素社会に貢献する。
- 2) 原材料調達が、国内で賄える。自然界で大量に培

養できる安価なスピルリナが原料である。

- 3) プロセスが簡素であり、めっき廃棄物は有価金属のためリサイクルが可能である。
- 4) 広域周波数帯での使用が可能である。
- 5) 数%の含有率で、実用上使用可能(20dB 以下)な吸収体の作成が可能であり、省エネルギー、低炭素社会に貢献する。
- 6) 微粉体のため、塗料や樹脂への分散が可能であり、軽量化が可能となる。

### (2) 特性

2液硬化型のシリコン樹脂に、ニッケルマイクロコイルを所定量分散したのち、シート化を行い、シリコン樹脂硬化後に電波吸収測定を行った結果を示す。

マイクロコイル(MC)表面：ニッケルめっき

シリコン樹脂：ダウ・東レ株式会社製 2液硬化型

シリコン Sylgard184

MC 添加量：樹脂重量に対し 2.5wt%および 5wt%

シート厚み：2mm

測定装置：領域分光装置(THz-TDS)

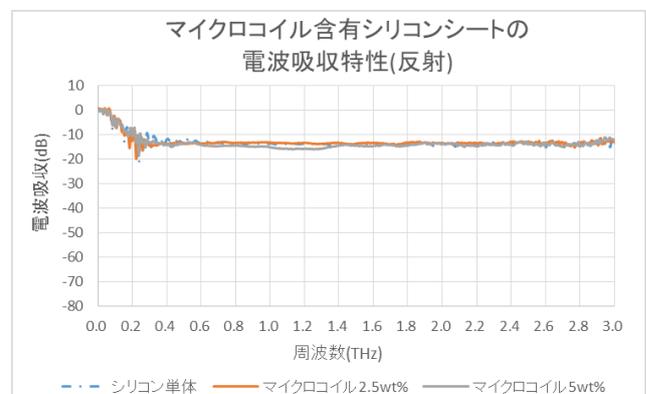
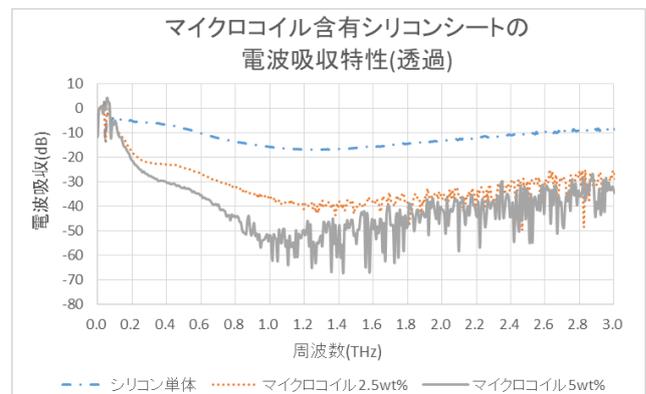


図5：ニッケルマイクロコイル含有シリコンシートの高周波数領域における電波吸収・反射特性

---

### (3) 想定用途

各種機器より発生する不要電波の遮蔽・遮断。機器の誤作動や人体への影響を防止する。

- 1) 電波暗室
  - 2) 医療機器
  - 3) ボディースキャナー
  - 4) サーバルーム
  - 5) 非破壊・非接触イメージング装置
  - 6) ブロードバンド衛星通信
- など

### 3. まとめ

本報告では、マイクロメートルスケールのらせん形状をもつ藻類スピルリナを鋳型に、無電解めっきを施し、従来の精密加工では作製困難な金属マイクロコイルの生産プロセスの開発と、金属マイクロコイルを分散した樹脂シートのギガ・テラヘルツ帯高効率電磁波吸収を実証した。特に、IoT・自動運転・次世代通信技術に資する広範な分野における、有用な電波インフラの安全性を担保する用途展開が期待される。

### 4. 参考文献

- 1) ㈱NTTドコモ ホワイトペーパー 5Gの高度化と6G (2020/1/22発行)
- 2) 川上浩, 竹下淳一, (1991), 「無電解めっき法による金属被覆粉体の製造技術の開発」, 表面技術, 42(3), pp. 308-313.