

【超安全な社会を目指した
次世代高速通信デバイス向け革新技術の開発】

2026年2月9日

産業競争力懇談会 **COCN**

【エクゼクティブサマリ】

＜本プロジェクトの基本的な考え方＞

情報化社会の拡大により、交通事故や災害等を瞬時に予測して共有するシステムが今後の超安全な社会では重要になる。そのためには、大量のデータ等を集めて解析し、必要な場所へ高速に伝える無線技術等の性能向上が不可欠となり、交通事故ゼロや大きな災害の拡大防止にも繋がる。2030年代に開始を目指す第6世代（6G）通信においては、5Gと比較して10倍の高速・大容量通信、同時多数接続・センシング、超低遅延、1/100の超低消費電力・低コスト化を実現することを目標とし、2030年代後半には100GHz超の高周波帯域の使用が想定される。次世代高速通信産業の市場規模は2035年には約1.3兆ドルと予測されており、基板材料の市場だけでも2028年には36億ドルと2021年の15億ドルと比較しても成長が著しいが、我が国の5G基地局の世界における市場占有率はわずか1.5%と劣勢であるのに対し、素材においては、日本企業が一定の世界シェアを有するため、材料やデバイスの優位性をこれまで以上に確保する必要がある。そのような状況の中、政府戦略等に着目してみると、システム開発などは重点化されているものの、残念ながらそれらすべての基礎となる素材開発についてはあまり記載されていない。5Gで使用されるような材料でスペックを延長させてデバイス化を検討しているだけでは、100GHz超の通信に適用するには限界が見え始めてきていることから、6G以降の世代の通信における高機能なデバイスを構成するには、材料そのものにおいても極めて高い要求スペックを満たす必要がある。また、高周波帯域は高速通信のみならず、電磁波を用いるセンサデバイスにおいても同様に、超安全な社会の実現に向けて必要な技術である。このような観点から、次世代高速通信に向けたモノづくり産業の活性化実現に向け、日本の強みである部素材産業を起点としたサプライチェーン強靱化ならびに経済安全保障に資する具体的な取り組みを推進する。

＜検討の視点と範囲＞

国際競争が激化する中で、「ものづくり」が日本の強みであり、デバイス化・システム化を含めたサプライチェーンの強靱化が問われている。これまでのような分業体制ではなく、サプライチェーンの上流下流をつないだ産業構造の構築を目指す（図1）。本プロジェクトにおける検討の視点として、特に経済安全保障の観点から、ミリ波、サブテラヘルツ波（以降、テラヘルツ波と記載）等の高周波帯域を使った次世代通信やセンサ等の応用をターゲットとした新規機能性材料や革新的なデバイスについて、国際規格化を見据えて先駆的な開発を行うことにより、「戦略的不可欠性：日本のその技術がなくなると他国が困る技術」を発揮できるような仕組みを目指すために取り組むべきテーマと位置づけ、日本が目指すべき次世代高速通信に向けたモノづくり産業における開発ロードマップ等を報告書にまとめ、足りていない支援などを国に提言するための基盤、共通認識を醸成することを目標とする。

- 川上の部素材メーカーは川下の通信ベンダーの仕様に合わせた複数の製品開発が必要。さらに、次世代通信における材料開発では材料単体での特性評価では不十分。
- デバイスメーカーを巻込んだ共通基盤となる評価モデルを制定することで、川下の通信ベンダーまでの評価軸を統一化。これにより部素材メーカーの製品開発指針が明確化し、部素材メーカーの材料開発が進展。

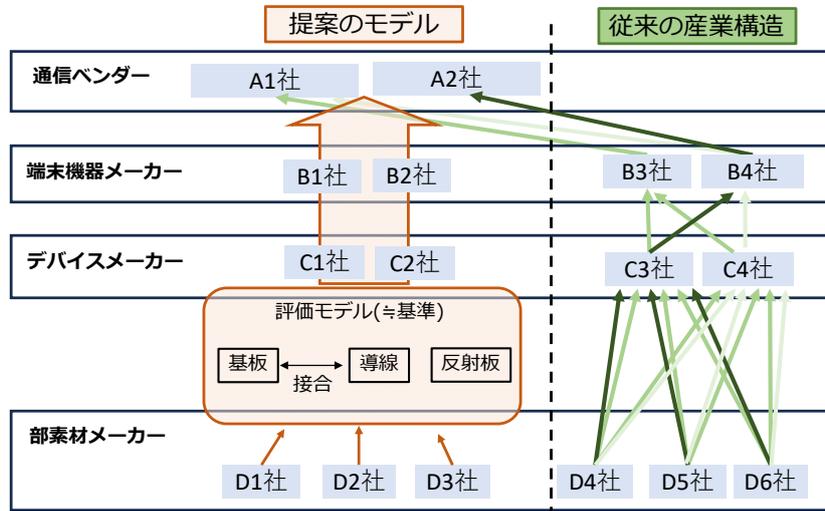


図1 次世代高速通信向け材料開発に向けた産業構造における課題と目指すべきモデル

<産業競争力強化のための提言および施策>

次世代通信技術の実現に向けた材料・デバイス開発の課題と、それを支える研究・産業基盤の整備に関する提言を具体的に示し、実現するための施策を打ち出すことが必要である。

1. 材料・デバイス設計における物理的制約と性能要件への対応

次世代通信デバイスの設計には、耐熱性やサイズ、放熱性、集積化などの物理的制約を踏まえた上で、低損失・低吸水性・低線膨張係数・高熱伝導性といった高精度・高安定な材料特性が求められる。また、材料単体の性能だけでなく、デバイス化による複合的な影響も含めた評価が重要である。

2. 研究開発・評価基盤の整備と産学官連携によるイノベーション促進

標準化を見据えた試作・評価環境の整備に加え、AI や秘匿計算を活用したインフォーマティクス型研究基盤やメタマテリアル等の革新材料の開発拠点の形成、産学官の連携を通じて、素材産業から通信事業までのサプライチェーンを強化し、国際競争力の向上を図るオープンイノベーションの推進が必要。

<産業競争力強化のための提言および施策>

下記を産業競争力強化のための提言と施策として整理した。

協調領域の研究開発の加速：(i)重要素材の供給安定化、(ii)日本独自のすり合わせ技術・評価・標準化の組み合わせによる差別化、(iii)秘匿計算や AI の活用。

制度面の整備：(iv)評価方法の標準化、(v)測定装置（特に VNA）の国産化、(vi)許認可制度の簡略化や迅速化など。

これらを通じて、サプライチェーンの強靱化と巨大マーケットへの優位性を両立させるような国際競争力を持続的に高める体制の構築が求められる。

【目 次】

プロジェクトメンバー	．．．．．2
本文	
1. 緒言	．．．．．5
2. 本推進テーマが目指す産業競争力強化に向けたビジョンとミッション	．．．．．8
3. 活動状況	
3.1 活動体制について	．．．．．9
3.2 活動実績について	．．．．．9
3.3 次世代通信ユースケースと材料への課題のまとめ	．．．．．15
3.4 特許調査のまとめ	．．．．．17
4. 産業競争力強化のための提言および施策	．．．．．19
別添	
参考資料 1 具体的な技術の例示	．．．．．24
参考資料 2 次世代通信ユースケースと材料課題のまとめ参考資料	．．．．．29
参考資料 3 特許分析結果	．．．．．35
参考資料 4 活動状況の詳細	．．．．．40

【プロジェクトメンバー】

リーダー	中野 隆志	産業技術総合研究所 経営企画本部 DEI 人事部 審議役、(兼) エレクトロニクス・製造領域付
CO リーダー	奥田 良治	東レ株式会社 電子情報材料研究所 所長
	長永 隆志	三菱電機株式会社 先端技術総合研究所 先進機能デバイス技術部長
メンバー	藤代 芳伸	産業技術総合研究所 研究戦略本部 企画部 次長・プロジェクトマネージャー
	澤 彰仁	産業技術総合研究所 研究戦略本部 企画部 次長
	三村 憲一	産業技術総合研究所 マルチマテリアル研究部門 次世代電子材料研究グループ 研究グループ長
	鶴田 彰宏	産業技術総合研究所 マルチマテリアル研究部門 次世代電子材料研究グループ 主任研究員
	嶋村 彰紘	産業技術総合研究所 マルチマテリアル研究部門 セラミックス部材プロセス研究グループ 主任研究員
	阿多 誠介	産業技術総合研究所 化学プロセス研究部門 機能材料プロセス研究グループ 研究グループ長
	野村 健一	産業技術総合研究所 センシング技術研究部門 バイオセンシングシステム研究グループ 研究グループ長
	北中 佑樹	産業技術総合研究所 製造基盤技術研究部門 スマート薄膜プロセスデザイン研究グループ 主任研究員
	加藤 悠人	産業技術総合研究所 物理計測標準研究部門 電磁界標準研究グループ 主任研究員
	加藤 大	産業技術総合研究所 経営企画本部企画部 技術政策室 総括企画主幹
	中谷 貴之	産業技術総合研究所 経営企画本部企画部 技術政策室企画主幹
	林 宏暁	三菱電機株式会社 先端技術総合研究所 先進機能デバイス技術部 高周波デバイス技術グループ長
	高田 亮介	株式会社日本触媒 エレクトロニクス&環境ソリューション企画開発部 主任部員
	石津 健太郎	情報通信研究機構 Beyond5G 研究開発推進ユニット Beyond5G デザインイニシアティブ長
	溝手 範人	デンカ株式会社 新事業開発部門イノベーションセンター素材加工研究部 部長
	山口 健洋	株式会社レゾナック 共創の舞台 次世代高速通信材

		料グループ チーフ・エンジニア
	朝日 透	学校法人早稲田大学 理工学術院 先進理工学部 教授
	中川 鉄馬	学校法人早稲田大学 理工学術院 先進理工学部 主任研究員
	歌代 豊	学校法人明治大学 経営学部 教授
	小林 靖之	地方独立行政法人大阪産業技術研究所 電子材料研 究部 部長
オブザーバー	岸 洋司	株式会社 KDDI 総合研究所 先端技術研究所 無線部 門 プロフェッショナル
	寶迫 巖	情報通信研究機構 Beyond 5G 研究開発推進ユニット ユニット長
	豊田 裕介	株式会社本田技術研究所 執行役員
	沼田 亜希子	株式会社本田技術研究所 統括機能センター
	松村 定晴	株式会社本田技術研究所 材料開発センター チーフ エンジニア
	岡田 明彦	新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) イノベ ーション戦略センター (TSC) 主査
	瀬尾 静	新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) イノベ ーション戦略センター (TSC) 主任研究員
	大山 りか	株式会社 ONBOARD 代表取締役
	五郡 大輔	株式会社 ONBOARD Ecosystem Gardener
	丹治 康紀	日本電気株式会社 モバイルアクセス統括部 RF コア 技術グループ B5G・6G エンジニア
COCN 担当実行委員	水落 隆司	三菱電機株式会社 研究開発本部 シニアフェロー
	中村 典永	大日本印刷株式会社 フェロー
COCN 担当企画小委 員	坂口 隆明	三菱電機株式会社 インテリジェンス・渉外室 担当 部長
COCN アドバイザー	島田 啓一郎	ソニーグループ株式会社 社友
COCN 企画小委員	福山 満由美	株式会社日立製作所 研究開発グループ 技術戦略 室 技術顧問
	佐藤 桂樹	トヨタ自動車株式会社 R-フロンティア部 担当部長
	鎌田 芳幸	株式会社東芝 経営企画部 政策渉外担当 統括部長 ゼネラルマネージャー
COCN 事務局長	武田 安司	一般社団法人産業競争力懇談会 (COCN)
COCN 副事務局長	白川 幸博	一般社団法人産業競争力懇談会 (COCN)
COCN 副事務局長	福岡 俊之	一般社団法人産業競争力懇談会 (COCN)

COCN 事務局長代理 金枝上 敦史 一般社団法人産業競争力懇談会 (COCN)

【本 文】

1. 緒言

国内の移動通信のトラフィック量（非音声）は直近 10 年間で 13 倍に増加しており（図 2）、世界の移動通信は今後 5 年間で 4 倍以上に増加するとの予測されている[エリクソンモビリティレポート(2023/6)、<https://www.ericsson.com/4a030a/assets/local/about-ericsson/company-facts/worldwide/japan/doc/20236.pdf>]。次世代高速通信技術の進展は、デジタル社会の基盤を支える重要な要素である。特に、5G を超える Beyond 5G や 6G の実現に向けて、通信速度の飛躍的な向上、低遅延、大容量化が求められている。これにより、スマートシティ、IoT（モノのインターネット）、自動運転、遠隔医療など、多岐にわたる分野での革新が期待される。2030 年代に開始を目指す第 6 世代（6G）通信においては、5G と比較して 10 倍の高速・大容量通信、同時多数接続・センシング、超低遅延、1/100 の超低消費電力・低コスト化を実現することを目標とし、2030 年代後半には 100GHz 超の高周波帯域の使用が想定され、各機関においてホワイトペーパーが発表されている（図 3）。

次世代高速通信の実現は、以下のような社会的・経済的意義を持つと考えられる。

- ① **超安全な社会の実現、生活の質の向上**: 高速かつ大容量の安定した遅延のない通信環境は、完全自動運転などによる交通事故のない社会、自然災害の正確な予測などの超安全な社会の構築、遠隔教育や遠隔医療の普及を支え、生活の質の向上が期待される。
- ② **経済成長の促進**: 次世代高速通信の普及は、新たなビジネスモデルの創出や産業の高度化を促進し、経済成長を牽引可能とする。
- ③ **環境負荷の軽減**: 効率的な通信技術の導入により、エネルギー消費の削減や環境負荷の軽減が期待される。

月間平均トラフィックの推移（2010年12月から2023年12月）

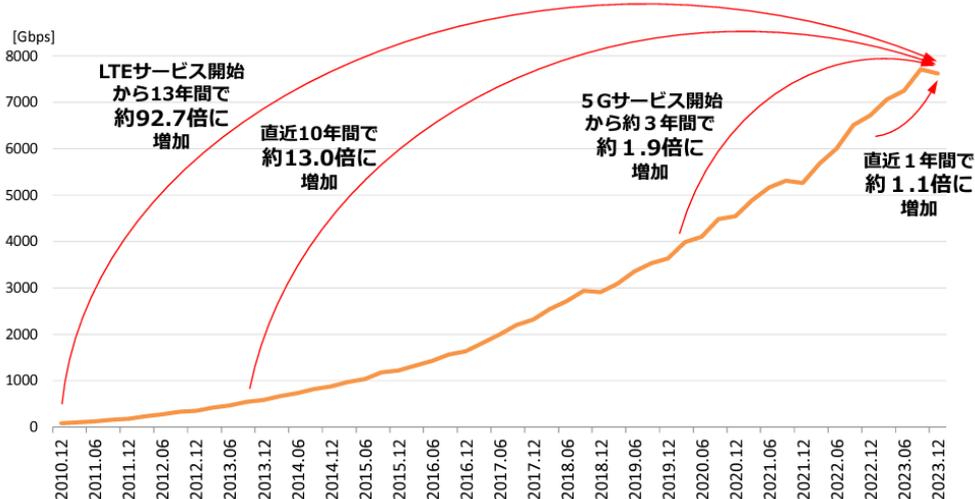
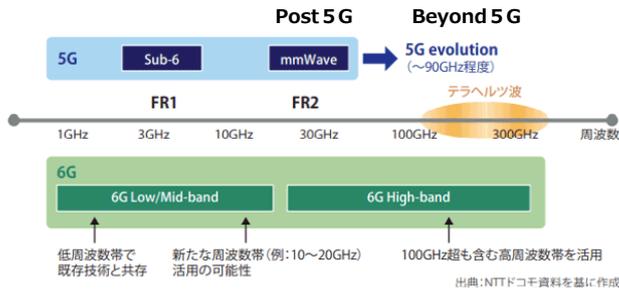


図 2 我が国のトラフィックの推移

引用:総務省、通信量からみた我が国の音声通信利用状況(年度)

<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/field/tsuushin06.html>

次世代通信の周波数帯



データ容量 ∝ 周波数帯域幅

通信速度

4G → 5G (現状) により、約40倍
→ 6Gにより、約1000倍

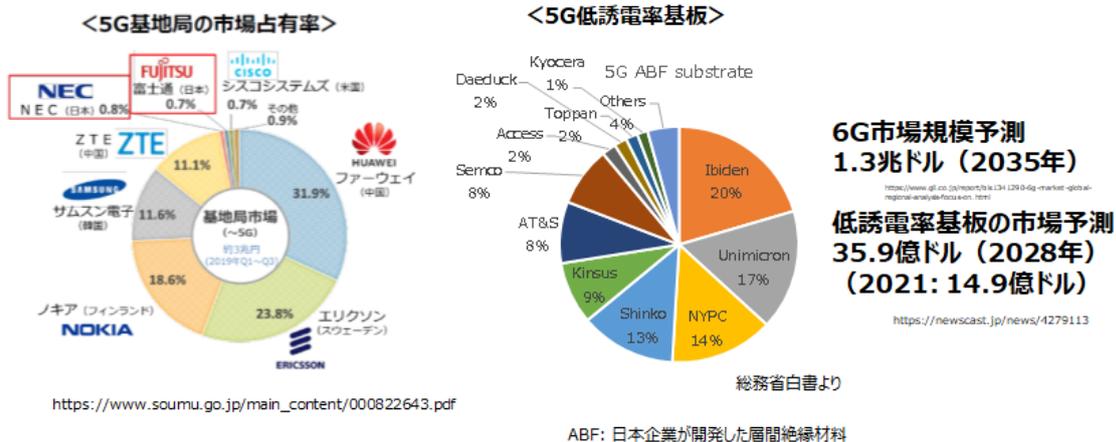
低遅延 : 遠隔医療、自動運転など
多接続 : 自動生産など
高信頼性通信 : 高度な動作安定性

Beyond 5G/6G ホワイトペーパー (国内大手通信キャリア)



図 3 次世代通信の周波数帯と期待

次世代高速通信産業の市場規模は 2035 年には約 1.3 兆ドルと予測されており、基板材料の市場だけでも 2028 年には 36 億ドルと 2021 年の 15 億ドルと比較しても成長が著しい。我が国の 5G 基地局の世界における市場占有率はわずか 1.5%と劣勢であるのに対し、素材においては、すでに日本企業が一定の世界シェアを有すること、2035 年における高周波材料の市場成長率も 2022 年比で 590%と非常に大きくなることが予想されていることから、材料やデバイスの優位性をこれまで以上に確保する必要がある (図 4)。そのような状況の中、政府戦略等に着目してみると、システム開発などは重点化されているものの、それらすべての基礎となる素材開発においては残念ながらあまり記載されておらず (図 5)、5G で使用されるようなスペックの延長上にあるような材料でデバイス化を検討しているだけでは、100GHz 超の通信に適用するには限界が見え始めてきている。そのため 6G 以降の世代の通信における高機能なデバイスを構成する材料自体も極めて高い要求スペックを満たす必要がある。また、自動車搭載用のセンサやこれから無数に実装されることが予想される IoT デバイスにおける同時多接続通信などの技術に対しても材料からアプローチする必要がある。このような観点から、次世代高速通信に向けたモノづくり産業の活性化実現に向け、日本の強みである部素材産業を起点としたサプライチェーン強靱化ならびに経済安全保障に資する早急な取り組みが必要であり、社会全体の発展に寄与する重要な課題である。これらの課題を克服し、技術革新を推進することで、より豊かな未来を築くことが期待される。



次世代通信対応デバイス・材料の世界市場

材料・デバイス	2035年予測	2022年比
端末向け通信デバイス・モジュール	7兆9,512億円	155.3%
インフラ向け通信機器・デバイス	8兆7,014億円	280%
コネクタ・受動部品	5,045億円	121.1%
高周波/高速伝送関連材料	1兆5,071億円	590%
合計	18兆6,643億円	210%

図 4 5Gにおける市場占有率(基地局と低誘電率基板)、次世代通信並びにインフラ等に使われる材料・デバイスの市場規模予測

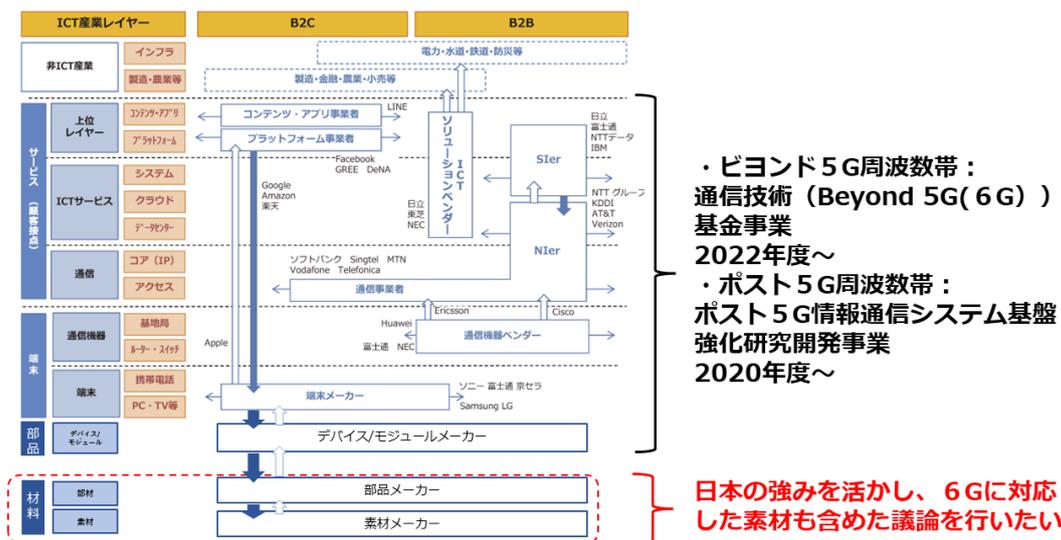


図 5 通信産業の構造と次世代通信に向けた開発支援等

引用:総務省、“世界のICT産業構造の変化”より改編

<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h26/html/nc122100.html>

2. 本推進テーマが目指す産業競争力強化に向けたビジョンとミッション

次世代高速通信におけるモノづくり産業の産業競争力強化に向けたビジョンやミッションとして、特にサプライチェーンの強靱化と経済安全保障の観点を中心に、以下のような観点を掲げて活動をスタートさせた。

ビジョン

1. グローバルリーダーシップの確立

- 次世代高速通信技術において、世界をリードする技術力と製品開発力を持つ企業群を形成し、国際市場での競争力を高めることを目指す。

2. 持続可能な社会の実現

- 環境に配慮した製造プロセスと材料を採用し、持続可能な社会の実現に貢献する。エネルギー効率の高い通信技術を開発し、カーボンニュートラルを目指す。

3. イノベーションの推進

- 産学連携を強化し、最先端の研究成果を迅速に実用化することで、革新的な製品やサービスを提供する。

ミッション

1. サプライチェーン・バリューチェーン連携の強化

- 各企業が得意とする技術を磨き上げつつ、サプライチェーン・バリューチェーンを跨いだ共創連携を推進し、異なる分野の企業や研究機関との協力を強化することにより、川上から川下までの壁、言葉の壁、社会実装の壁を乗り越え、サプライチェーン・バリューチェーン全体での価値向上を図る。

2. 経済安全保障の確保

- 戦略的不可欠性の確保：次世代通信材料やそのプロセス技術等をエマージングテクノロジーとして位置づけ、我が国の強みであるモノづくり産業の優位性を伸ばすための施策を策定する。特に3の国際標準化の推進とセットと考え、協調領域の最先端技術の研究開発と計量標準・校正を軸とするプラットフォームの必要性を検討し、運用体制等の議論をもとに関係省庁にも働きかけ、実現を目指す。

3. 国際標準化の推進、デバイス認証の簡略化等の実施

- 国際標準化への積極的関与：次世代高速通信技術の国際標準化に積極的に関与し、グローバル市場での競争優位性を確保する。
- 新たなアプリケーションに対するデバイスの認証等の簡略化の必要性等を検討し、関係省庁に働きかけることで、迅速な市場の形成・獲得と世界に向けた社会実装を目指す。

これらのビジョンとミッションを掲げることで、次世代高速通信におけるモノづくり産業の競争力を強化し、持続可能な成長を実現することが期待される。

3. 活動状況

3-1. 活動体制について（2026年3月現在）

本テーマは図6に示す通りの活動体制にて推進した。リーダー機関はサプライチェーン・バリューチェーンの強化の推進ならびに協調領域であるプラットフォームの検討・提案などの観点から、公的機関である産総研が本テーマをまとめる方針とし、デバイス・素材の各メーカーからの参画によりスタートし、材料メーカーを中心に参画者・オブザーバーを募り、体制の拡充を進めた。メンバー内での議論においては、後、基板メーカーにも積極的にコンタクトしていくことが必要となっている。

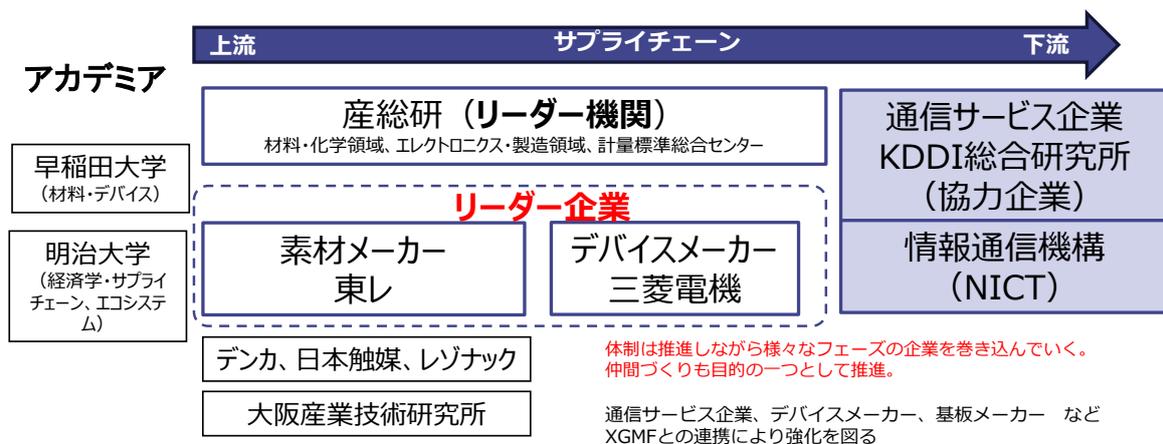


図6 本推進テーマの活動体制(2026年3月)

また、仲間づくりも本推進テーマの目的の一つとして、特にモバイル通信へのニーズの変化に対応するため、モバイルサービスの普及/モバイルビジネスの展開を推進している XG モバイル推進フォーラム（XGMF）との連携強化を図りつつ、「次世代通信課題×素材/材料プロジェクト」を XGMF 内に 2025 年 8 月に新たに立ち上げ、オールジャパン体制で議論を展開した。

さらに、COCN の別実施テーマである、「生成 AI による社会受容性のある持続可能なエンジニアリングの実現」との連携の検討も行った。

3-2. 活動実績について

本章では、これまでに行った推進テーマ活動をまとめる。なお詳細版は参考資料として巻末に記載してある。

①リーダー機関3者会合（提案前会合）

日時：2024年8月19日 11:30-12:15

場所：Teams 会議

【会議の概要】

- リーダー機関3者で COCN 推進テーマの提案に向けた議論を実施。

- 次世代高速通信に向けたモノづくり産業の開発ロードマップを報告書にまとめ、国への提言基盤を構築することで合意。
- 日本企業に有益な体制として、国際標準化の検討を含めることを確認。
- 協調領域の明確化を進める方針。
- 海外連携については、国際的な周波数動向に協調し、海外企業の排除はしない方針で合意。

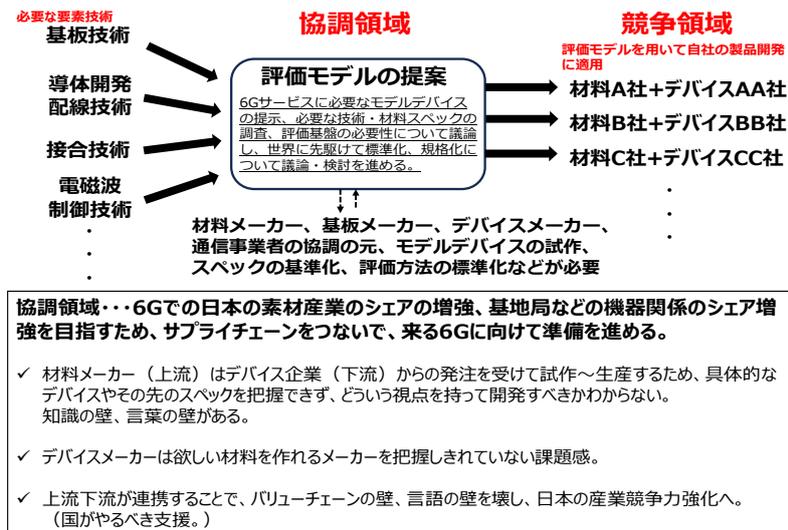


図7 次世代高速通信に向けた材料・デバイス開発の協調領域と競争領域についての整理

②キックオフ会議

日 時：2024年11月21日（木）10:00-12:00

場 所：Teams 会議

【会議の概要】

- 産総研による6G材料開発の取り組み紹介と、今後の進め方・参画機関の声かけ状況・スケジュール確認を実施。
- サプライチェーンを超えた連携イメージ（図8）と国家プロジェクト化のスケジュール案（図9、2025年度版に更新）を提示。
- 経産省との意見交換内容を共有し、海外展開や制度的制約への対応の必要性を議論。
- 6Gに限定せず、センサなど周辺分野への展開も含めて議論を進める方針で一致。
- 材料だけでなく、デバイス・モジュール領域の国際競争力についても議論。
- 日本のモノづくりの強みを活かしたポジティブな国への提言が望ましいとの意見。
- 下記の4テーマについての課題の整理と提言に向けて議論を進めることとした。
 - ① 利用周波数帯を見据えたモデルデバイスの検討、必要なデバイス・材料スペック、それらを製造するための技術の精査
 - ② 国内外の次世代通信における研究開発動向や、6G新規参入が見込まれる産業・企業等の調査
 - ③ 戦略的不可欠性を担保するため、材料・デバイス・通信システムの各視点から開

発すべき技術の洗い出し

④ 評価方法の標準化等に関する議論

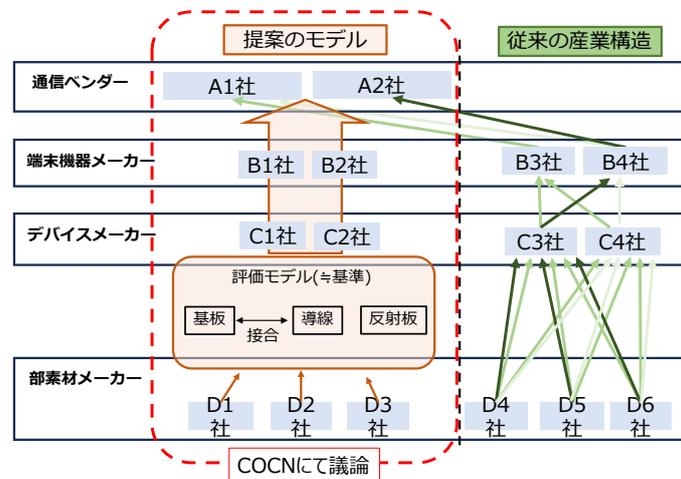


図 8 目指すべきサプライチェーンを超えた連携体制
(例えば国プロなどで連携基盤を構築するなど)

6G革新技術開発のスケジュール

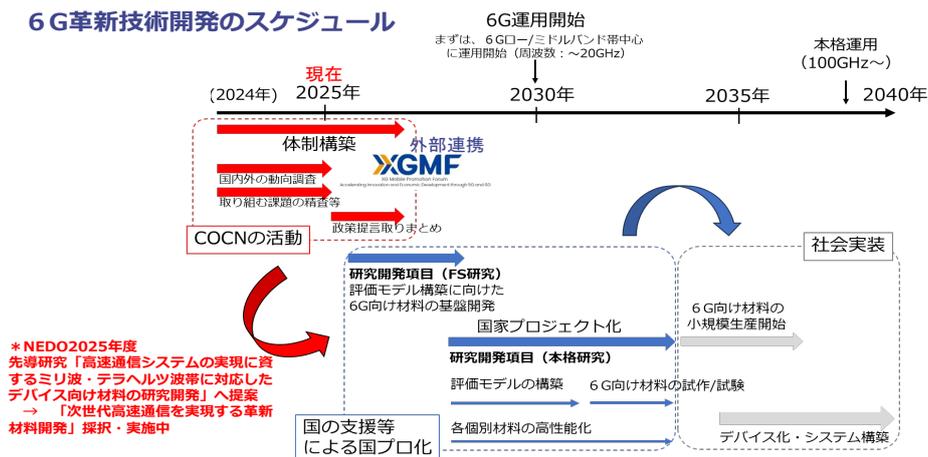


図 9 次世代高速通信向け革新技術開発のスケジュール (2025 年更新版)

③第一回会議

日 時：2025 年 1 月 10 日 (金) 10:00-12:00

場 所：Teams 会議

【会議の概要】

連携状況

- COCN と XGMF の連携強化により、川下企業とのコミュニケーション加速を目指す。

技術勉強会・標準化

- メタサーフェスや高周波信号イメージング装置などの最先端技術を紹介。
- Beyond-5G/6G 対応の計量標準・校正技術ロードマップを共有。

- 試作・評価プラットフォーム整備の重要性を提言としてまとめる方針で合意。

各社の意見（評価・試作環境）

- 社内評価は負担が大きく、産総研などの支援が有用。
- 未踏領域では評価方法の提示が求められる。
- 川上・川下の評価の共通化と双方向コミュニケーションが重要。

プロジェクトの方向性・出口戦略

- 「戦略的不可欠性」をキーワードに、日本の技術力を強調する方針。
- 6Gに限らず、センサや量子コンピュータなど広い視野で材料開発を検討。
- 要素還元主義に陥らず、ニーズに基づいた方向性を重視。

経済安全保障・AI との連携

- 素材分野でも海外勢の脅威があり、AI による特許取得の懸念が存在。
- 日本の強みは「作り上げる力」にあり、MI・AI との協業が重要。
- 材料開発の出口戦略として、産業化プロセスの明確化が必要。

④第二回会議

日 時：2025 年 5 月 21 日（水）15:00-17:00

場 所：産総研臨海副都心センター本館第 1 会議室（4F 412 室）& Teams 会議

【会議の概要】

共創活動に関する議論

- サプライチェーン連携の課題：秘密保持・言語・社会実装の壁。
- 国プロでは、技術課題解決だけでなく、社会実装課題の解決が必要。
- 台湾 ITRI を例に、サプライチェーン連携活動について、国研（産総研・NICT）など中立機関の活用に期待。

XGMF テラヘルツ無線技術プロジェクトからの話題提供と材料・デバイスに関する議論

技術的課題と現状

- 高周波部品のコストが高く、デバイス化が進まない。
- テラヘルツ波は論文レベルでは進展しているが、市場流通には至っていない。
- ミリ波もかつては同様だったが、現在は市販化されており、テラヘルツも同様の展開が必要。

標準化と材料メーカーの役割

- 標準化は IEEE が主導しており、材料メーカーも議論に参加することでコスト低減の提案が可能。
- COCN では「戦略的不可欠性」の観点から、日本の技術の付加価値創出を議論すべきとの意見。

実装時の技術的課題

- 実装段階で新たな課題が発生：
 - 放熱フィンが大きくなる。

- 300GHz アンテナにより IC サイズが巨大化など。
- 実装ターゲットに応じて技術的制約が生じる。

材料開発の可能性

- 100GHz 以上でも損失が少ない導体の研究を NEDO 先導研究にて進行中。
- 設計自由度を高める材料開発により、材料側からの提案や発見が期待される。
- 新材料では、原理はあるが歩留まりや量産性に課題が残る。

ユースケースと市場形成

- 通信のユースケースは「今だけ・ここだけ・あなただけ」という未開拓領域に可能性あり。
- 成功例（Wi-Fi）や失敗例から学び、市場創出の仮説構築が重要。

今後の展望

- 総務省の標準化戦略に通信分野が含まれており、府省懇談会での連携が期待される。
- 実物を見ながら社会実装課題を議論する場を COCN で設ける。
- 巨大市場創出に向けた仮説構築と産学官連携の方向性を明確化。

⑤第三回会議

日 時：2025 年 7 月 29 日(火)14:00-16:00

場 所：NEC 玉川事業場（神奈川県川崎市） & Teams 会議

【会議の概要】

活動報告

- COCN フォーラム対応状況の報告。
- XGMF にて「次世代通信課題×素材/材料プロジェクト」立ち上げ。（図 10）
- 6G 材料開発に関する 2025 年度 NEDO 先導研究の採択報告。

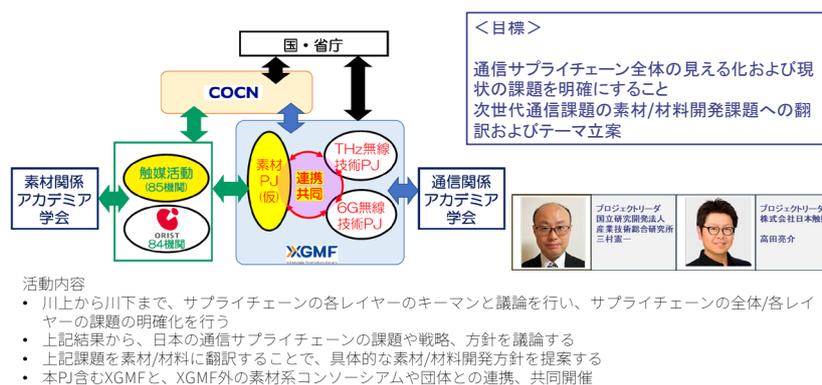


図 10 XGMF「次世代通信課題×素材/材料プロジェクト」の概要

NEC から高周波アンテナデバイスに関する話題提供・実機見学

社会実装・許認可に関する議論

- 固定式反射板は認可不要だが、可動式は認可が必要で取得に時間がかかる。
- 総務省との連携による許認可簡略化の提言が望まれる。

実装課題と素材開発の視点

- モバイル用途では発熱・放熱・サイズの課題が大きい。
- 設計に必要な物理量は $\tan\delta$ などの周波数依存性があるが、設計上は限定的。
- 製品レベルでは吸水率・線膨張係数などの安定性も重要。
- COCN では、製造時に注意すべきパラメータの整理・提言が有効。
- 温度特性は屋外基地局用途では重要、周波数特性は試作で確認可能。

評価方法と材料選定

- 材料特性だけでなく、銅箔ラフネス・加工精度など複合要因が影響。
- 素材メーカーは必要性能の把握精度の向上が重要。
- 「この材料がないと作れない」状況であれば採用可能性が高まる。

⑥第四回会議

日 時：2025 年 12 月 18 日(木)10:00-11:00

場 所：Teams 会議

【会議の概要】

高周波通信に関する技術的議論

- サブテラヘルツ帯におけるデータセンター用途や低遅延性が強みとなる。5G では低遅延が謳われているが、実態としては十分でなく、サブテラヘルツの周波数が 10 倍になることでパケット長が 1/10 になり、圧倒的に低遅延になる点を次世代通信の強みとして強調すべき。
- 5G の普及の遅れから、材料開発を行ったにもかかわらず結果が出せなかったこと、国内完結は可能でも市場規模が小さく材料・デバイス開発が追従しない課題が存在。使用周波数は ITU が決定するため、材料メーカー等の積極的な ITU へのアクセスは不可欠であり、国の支援が必要。あわせて、長期的なスケジューリングを明示することの重要性が述べられた。
- WRC-31 に向けた周波数アロケーションテーブルを定めるという議論が開始されており、100GHz 以下の議論が多い現状では、まず電波伝搬などのドキュメントの中で足りていない項目を埋めていくことが重要。一方で、IEEE802 の活用や 252-450GHz 帯 (D バンド) を対象とした議論の可能性が示されており、アプリケーションとしては XGMF テラヘルツ無線 PJ において、バックホールおよびデータセンターに絞って議論している状況。

標準化・材料分野に関する議論

- 材料メーカーからの標準化に対するアクションの取り方などについて、特に基板や導体などのパッシブ材料については、狙いどころを定めるための知識共有が重要であり、まずはデータベース的に情報共有を行った上で、深掘り領域を議論するのが良い。
- 総務省でも委託調査で素材側・サプライチェーンの強みを調査しており、サプライチェーン強靱化が次世代通信の日本の勝ち筋として重要だというマインドセットにな

ることに期待。

3-3. 次世代通信ユースケースと技術課題のまとめ

議論を重ねていく中で、次世代通信ならではのユースケースとそれらの波及効果、さらには材料に落とし込んだ時の課題についての整理が重要であることが指摘された。本項では、特に 100 GHz 超の高周波数帯域の利点である、超低遅延、同時多接続、空間選択性に重きを置きつつ、「超安全な社会」に資するユースケースにおける議論を中心にまとめた。なお、他のユースケースとともに詳細版を別添参考資料 2 に記載した。

1. 情報通信におけるセキュリティ・レジリエンスの高度な設計

【概要】次世代モバイル通信のセキュリティは、従来の『いつでも・どこでも・誰とでも』に加え、電波の空間選択性（ビームフォーミング、Active Electronically Scanned Array (AESA)）と時間選択性（スケジューリング、ネットワークスライシング）を重ねることで、『今だけ・ここだけ・あなただけ』という通信リンクの個別・一時的・局所的セキュリティ強化を達成可能。Zero Trust Architecture (ZTA) と RAN 層の空間的秘匿性の組み合わせで、秘匿性とレジリエンスが同時に向上可能。

【期待効果】秘匿性の多層化（アプリ暗号+ZTA+RAN ビーム）、秘匿性担保（管理付き流通）、レジリエンス向上。（大規模集客施設等での個別情報展開にも期待。）

【技術課題】ZTA と動的ネットワークの遅延・複雑性（認証やスライス切替で低遅延要件との両立が難しい）、ビーム秘匿性の限界と妨害耐性（サイドローブ漏洩やジャミング対策が不十分）、高周波・高密度化対応材料の開発（低損失誘電体・導体、放熱・耐環境材料に加え、メタサーフェス反射板の性能・量産性・耐久性がボトルネック）。

2. 超スマートシティ

【概要】都市の Digital Twin (DT)・自律モビリティ・サービス移行を統合し、リアルタイム最適化を図る構想。また、鉄道や高速道路等の公共交通機関インフラなどにも展開。

【技術構成】AI、Integrated Sensing and Communication (ISAC) を活用した環境センシングと制御の枠組みなどが提案されている。メタサーフェス反射板など、これまでになかった新たなデバイスの活用も期待。

【PoC/動向】6G に向けたユースケースの俯瞰（都市・公共・産業）が各社から提示されている。

【技術課題】低遅延 (<5ms) と高信頼性 (>99.999%) の両立、ISAC の実装要件など。テラヘルツ波センシングなども重要な技術。

3. 遠隔医療 (Remote Healthcare)

【概要】enhanced Ultra-Reliable Low-Latency Communication (eURLLC) とネットワークスライシングを活用し、遠隔手術・救急搬送連携・AI 診断が可能となる。

【PoC/実証】 da Vinci 5 による 4,000 マイル級の遠隔協調デモが複数メディアで報告されている。

【実験】 5G 経由の長距離テレサージュでは操作遅延 18ms、映像遅延約 350ms の測定結果が示されている。さらなる高速通信、超低遅延など、ミリ波、テラヘルツ波と光通信の連携により達成可能と考えられる。

【技術課題】 医療データ保護、機器認証、映像圧縮と術具制御の同期、圧倒的な低遅延など。

4. 自動運転・V2X (Vehicle-to-Everything)

【概要】 Joint Communication and Sensing (JCAS) と Global Navigation Satellite System (GNSS) RTK により共有知覚を形成し、安全運転・協調交通を支える。

【デバイス】 C-V2X On-Board Unit (OBU) /Roadside Unit (RSU) の商用モジュール (Unex OBU-352、MobiQ OBU/RSU) が公開されている。

【研究】UCSD の C-V2X サイドリンク実験では画像フレーム転送の QoS 最適化 (平均 goodput 向上) が報告されている。

【技術課題】 周波数協調、多モーダルデータの帯域設計など。

5. スマート農業

【概要】 5G/5G-Advanced と Multi-access Edge Computing (MEC)、Fixed Wireless Access (FWA) により、センシング・ロボティクス・ドローン・自動走行農機を統合した精密農業が加速。昨今の一次産業の人口減少をリカバリーするような技術により安全な食の自給率向上が期待できる。

【技術構成】 プライベート 5G /パブリック 5G、エッジ AI、Internet of Things (IoT) センサ、無人航空機 (UAV) /農業用ドローン (DJI Agras T50)、遠隔制御・可視化、Operations Center 等のデジタルツイン的運用。

【PoC/実証】 Ericsson×PAWR の農業 5G SA ネットワーク (アイオワ州) で、フェノタイプング・家畜監視・農業自動化を検証。GSMA の自動化農業ケースでは灌漑・無人機・ドローン統合により生産性が向上。中国・吉林省の 5G 自動化農場では水使用量 40%削減・収量 10%増などの効果が報告されている。

【技術課題】 農村の接続格差の解消 (バックホール・端末)、データガバナンスと秘匿性、サイバーセキュリティ、衛星系 Non-Terrestrial Networks (NTN) や SATCOM とのハイブリッドによる広域化 (John Deere×SpaceX) など。

これらのユースケースに限らず、光電融合とテラヘルツ波やミリ波通信の組み合わせ・適材適所の使い分けをすることにより、下記の利点が得られる点についても本テーマ内で議論した。

➤ 超高速ワイヤレス通信

- サブテラヘルツ波は数十 GHz の帯域を利用できるため、ミリ波の一桁から二桁早い、

数十 Gbps～数百 Gbps 級の通信速度が期待できる。

- 光電融合により、光ファイバ並みの高速信号処理を無線側に持ち込むことで、データセンターや基地局間のワイヤレスバックホールに適用可能。

➤ **超低遅延・高信頼ネットワーク**

- 光電融合技術でフォトニック回路を使うと、電気回路よりも高速な信号変換が可能。
- これにより、リアルタイム制御や自動運転、XR（拡張現実）など、遅延が致命的なアプリケーションに対応。

➤ **高精度センシング・イメージング**

- テラヘルツ波は物質透過性が高く、非破壊検査や医療イメージングに有効。
- 光電融合で高感度な検出器を構築することで、ナノスケールの材料評価や生体計測が可能。

➤ **6G/ポスト 5G インフラ**

- 光電融合+THz 通信は、6G のコア技術候補。
- 光ネットワークと無線ネットワークのシームレス統合により、超広帯域・超低遅延・高信頼性を同時に実現。

これらの応用に対して、**素材・プロセスの技術課題**を下記にまとめる。

- ① テラヘルツ波通信を支える**基板材料**：低誘電率・低損失正接、熱安定性、薄膜メタライズ信頼性。位相雑音対策、アンテナ材料など。放熱材料など熱マネジメントも重要。
- ② テラヘルツ波通信を支える**導体材料**：超低損失、耐熱・耐曲げ、EMC 適合。
- ③ **メタサーフェス反射板**等の次世代通信に欠かせない材料：外場応答性機能性材料などの応答速度特化型、フレキシブル低損失材料などのデバイス簡素化・低消費エネルギー型、透明性の担保など。
- ④ **光導波路材料**：高屈折率・低吸収、ナノインプリント加工性、均一性（色シフト抑制）、熱・機械強度。

3.4 特許調査のまとめ

本調査は、5G から 6G への技術移行期における**移動通信分野の技術動向**を特許情報から定量的に把握し、我が国の研究開発・産業競争力・政策立案に資する知見を得ることを目的とする。2010 年以降に公開された特許を対象に、**高周波(ミリ波・THz)、低誘電・低損失、アンテナ・基板材料**などを 6G 関連材料技術の代理指標として用い、**移動通信分野に限定して**分析を実施した。詳細な結果は、参考資料3に記載した。

【年度別特許件数の推移】

年度別特許件数を見ると、2010 年代後半以降に増加傾向が顕著であり、5G 実装期から 6G 研究

準備期にかけて特許活動が活発化している。

【国別出願動向】

国別出願数(表 1)では、**海外出願の比率が年々増加していることが確認された。**

これは、移動通信分野における技術開発が**グローバル競争フェーズに本格的に移行していること**を示唆している。

表 1 国別の特許件数

国名	特許件数	全体に占める割合
中国	3125	12.8
韓国	1740	7.1
アメリカ	2148	8.8
台湾	153	0.6
フィンランド	174	0.7
スウェーデン	246	1.0
カナダ	23	0.1
フランス	33	0.1
ドイツ	86	0.4

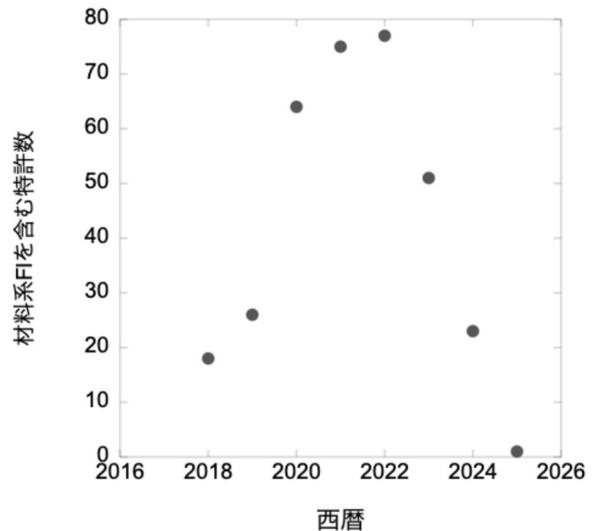


図 11 材料系 FI を含む特許出願数の推移

【材料系 FI の年度推移】

材料系 FI の年度推移(2018-2025 年、図 3.4-1)から、2019 年を起点として急速な立ち上がりが確認された。特に 2020-2022 年にピークを迎えており、これは 6G を見据えた材料研究開発が 5G 商用化と並行して加速したことを示している。2023 年以降減少しているのは、特許公開前であるためと考えられる。

【出願人の特徴】

材料 FI に関する出願の大半は国内出願人によるものであり、

- ・ 化学・素材系大手企業
- ・ 電子材料・機能材料メーカー

が中心となっている。

この点は、材料分野における日本の相対的優位性を示す重要な結果である。

国別には、以下の通りであり、表 1 の全体の海外の出願割合からすると、材料領域は日本が強いことが示唆される。

- ・ 国内：374 件（約 89.5%）
- ・ 海外：3 件（約 0.7%）
- ・ 不明：41 件（約 9.8%）

【分析結果の総合的な解釈と政策への示唆】

1. 通信システム領域では、海外企業を含むグローバルな特許競争が激化している。
2. 一方で、材料関連技術については、日本企業が2019年頃から先行的に着火し、6Gを見据えた研究開発を集中的に進めてきた構図が読み取れる。
3. すなわち、システム・プラットフォームは国際競争、材料は国内優位という分業的構造が浮かび上がる。
4. 材料分野は日本の戦略的不可欠性（Strategic Essentiality）を有する領域であり、6G時代における国際競争力の源泉となり得る。
5. 海外出願が増加する通信システム分野に対し、材料・プロセス・評価技術を軸とした差別化戦略が重要である。
6. 6Gでは、THz帯対応、低誘電・低損失、放熱・信頼性などが同時に要求されるため、材料×デバイス×システムを横断する研究開発政策が不可欠である。川上から川下までの連携強化、開発のスピード感が重要。

4. 産業競争力強化のための提言および施策

これまでの議論を通して、提言に向けた課題の整理として報告をまとめる。

- ① 利用周波数帯を見据えたモデルデバイスの検討、必要なデバイス・材料スペック、それらを製造するための技術の精査
- ② 国内外の次世代通信における研究開発動向や、6G新規参入が見込まれる産業・企業等の調査
- ③ 戦略的不可欠性を担保するため、材料・デバイス・通信システムの各視点から開発すべき技術の洗い出し
- ④ 評価方法の標準化等に関する議論

-
- ① 利用周波数帯を見据えたモデルデバイスの検討、必要なデバイス・材料スペック、それらを製造するための技術の精査

技術的・設計的観点からの提言

- モデルデバイス設計には、実用化で課題となってくる、発熱、放熱・サイズ・集積化などの課題を踏まえた仕様定義が必要。
- 材料スペックとしては誘電率、熱伝導率だけでなく、実社会での稼働で必要となる、吸水率・線膨張係数・難燃性・温度依存性などの物性値の精度と安定性が重要。
- 製造技術の観点では、高周波対応の加工精度・銅箔ラフネスなど、実機試作による評価が不可欠であり、材料単体ではなくデバイスとしての性能確認が必要。

コンセプト・応用展開に関する提言

- 利用周波数帯の活用にあたっては、「今だけ・ここだけ・あなただけ」という日本独自の無線通信利用コンセプトの確立が重要。
- Beyond 5G社会を構成する先端技術として、テラヘルツ無線技術等を活用したデジタ

ルツインサービスの研究開発を推進すべき。

研究開発・装置面の課題と提言

- 産総研が中心となって開始された NEDO 先導研究では、**基板・導体・接合・反射板用の革新材料**の開発が進行中。
- 今後はこれに加えて、**遮蔽材料**も重要な技術要素として位置づけるべき。
- 高周波評価に不可欠な**ベクトル・ネットワーク・アナライザの国産製造が困難**である点は、国内技術基盤の強化に向けた課題として認識し、対応策を検討する必要がある。
- サプライチェーン全体で協調領域の**オープンイノベーション開発が必須**であり、下記に示す研究開発の推進・拠点の整備が急務と考えられる。
- 2025 年に示された成長戦略の検討体制にも記載されている「**⑬マテリアル**」、「**⑯情報通信**」に深く通じる課題であり、総務省や経産省の省庁連携による各種支援がますます重要となると考えられる。研究開発には、後述の AI を利活用する開発手法が産学連携としては非常に有効と考えられるため、文科省が掲げる「AI for Science」、内閣府が主導する「マテリアル革新力強化戦略」などにおける支援などにも期待。

【AI・秘匿計算を用いたインフォマティクスによる研究開発の加速】

- 材料開発の加速には、AI を活用した**マテリアルズ・インフォマティクス (MI)**、**プロセス・インフォマティクス (PI)** の導入が有効。
- 特に、競合企業が協調領域で共同研究を行うためには、**データの秘匿性を担保する技術が必要**。前述の NEDO 先導研究でも秘匿計算に基づく複数企業間でのデータ連結を推進中。
- さらに社会実装も見据えて、**実デバイスを組み上げるところまでを秘匿計算技術やシミュレーションで繋げる概念の導入**が期待され、それらに携わる人材育成なども同時に必要不可欠。
- 産総研は、**秘匿計算技術とベイズ最適化を組み合わせた材料探索アプリ**を開発し、**物性データを他者に知られずに共有・活用できる環境**を開発中
(https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2024/pr20241224/pr20241224.html)
- 秘匿計算では、データを無意味化して分散保管し、復元せずに計算を行うなど、**情報漏洩リスクを極限まで低減**。企業間での**データ共有の心理的・技術的ハードルが低下し、協調領域での研究開発が加速**。
- 実際に、複数企業が**ネガティブデータ**（性能が低い材料情報）を秘匿共有することで、**探索効率が大幅に向上**することが実証されている。
- 今後は、このような**秘匿計算プラットフォーム**を産業界全体で活用できるよう整備・普及を進めることが、日本の材料開発競争力強化に直結する。

【メタマテリアル等の革新材料開発の推進】

- 6G 時代の通信性能を最大限に引き出すには、従来以上に高度な電子材料が不可欠であり、特に低誘電率・低損失・高熱伝導性を兼ね備えた革新材料に加えて、メタマテリアルの開発が求められている。
- 特にメタマテリアルは、波長以下の微細構造を設計することで、自然界に存在しない物性を実現する人工材料であり、高周波伝導・放熱・反射・遮蔽・静音など多様な機能を持つ次世代材料として注目されている
(https://www.mitsui.com/mgssi/ja/report/detail/_icsFiles/afieldfile/2023/01/17/2301report_3.pdf)。
- メタマテリアルの開発には、材料科学・微細加工・計算科学・計測技術などの融合が必要であり、単一企業では対応が困難なため、産学官連携による開発拠点の整備が不可欠。
- 日本学術振興会のメタマテリアル委員会では、異業種・異分野の企業が連携し、産業応用に向けた技術と方向性を議論する場を構築しており、こうした枠組みを活用した拠点形成と人材育成が重要。(https://www.jsps.go.jp/j-renkei_suishin/j-soc/list/r062.html)
- 6G に向けた材料開発は、社会実装を見据えた長期的な技術基盤の構築が求められ、民間企業との連携を通じて、デバイスメーカーが本格的に取り組める環境整備が急務であると考えられる。
- これらの拠点では、評価・試作・標準化・知財戦略までを一体的に支援する体制が望ましく、日本の素材産業の強みを活かした国際競争力の確保につながる。

② 国内外の次世代通信における研究開発動向・産業動向

- AI と通信の融合が加速：RAN（無線アクセスネットワーク）やエッジコンピューティング領域で AI 活用が進展。
- 5G/IoT の拡張：社会基盤・産業用途・店舗などへの展開が進み、プライベートネットワークや分散処理が注目。
- スタートアップの台頭：欧州発企業が AI・5G を活用した新規ビジネスモデルで日本市場進出を志向。
- 展示空間の進化：没入型体験・ブランド演出が主流に。来場者数・出展社数ともに増加傾向。
- 素材・部品の国際分布：
 - セラミック・電子部品：日本が世界トップシェア。
 - 半導体：米・韓が主導、日本は一部で存在感。
 - PCB・コネクタ：中・台・韓が中心。
 - 通信モジュール：上位 5 社のうち 4 社が中国系。

③ 戦略的不可欠性を担保するための技術抽出

- 例えば、ABF (Ajinomoto Build-up Film) : 世界シェアほぼ 100% を占める戦略素材。
- 樹脂・セラミックス : 安定供給が不可欠な素材領域。
- 材料スペックのみで戦略的不可欠性を出すのは難しい。日本独自のすり合わせ技術、評価、標準等の合わせ技で世界と戦うべき。



3章 通信業界のマーケットトレンド (1)

35

Beyond 5Gでの活用が期待されるミリ波帯、テラヘルツ帯の活用に伴い、 スモールセル基地局や電子部品のマーケットの拡大が予想される

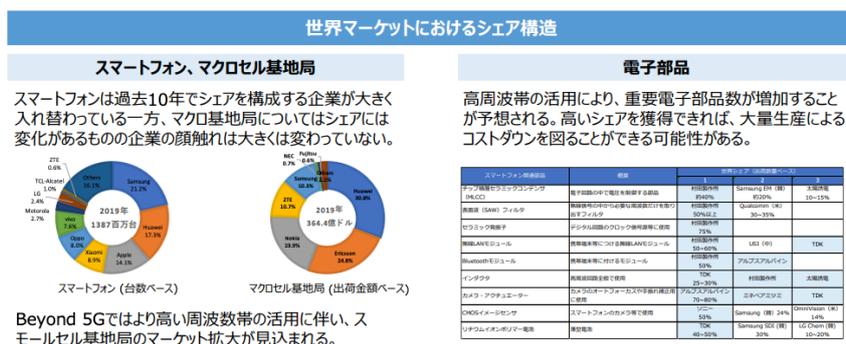


図 12 通信業界のマーケットトレンド (出典 : Beyond 5G 推進コンソーシアム ホワイトペーパー 3.0 版より抜粋)

④ 評価方法の標準化に関する議論

- 通信規格は 3GPP が中心 : サプライチェーンでタグを組んで日本からの積極的な発信と同時に、国際的に受け入れられる規格策定が必要。
- 秘匿計算の標準化 : 重要パラメータの抽出と標準化により、公正性と先行者利益の両立が可能であり、国策として有効と考えられる。
- 測定モジュールの整備 : 一例としてベクトル・ネットワーク・アナライザ (VNA) の国産化は喫緊の課題。
- 評価・デバイス試作プラットフォームの整備 : 高周波計測においては測定法の標準化がなされておらず、今後早期に測定法の標準化を図ることが重要。
- 許認可に関する課題 : 定置型のデバイスなどでも認可が下りるまでの時間が非常に長い。安全性などの考慮は必要だが、欧米・アジア諸国の速度感に合わせた検討をすべき。
- 標準化・許認可制度については、国際市場の形成と表裏一体 : ビジネス、マーケットチャンスを開き切ることが重要。

【産業競争力強化のための提言および施策】

日本のモノづくりの強みを活かしつつサプライチェーンの連携強化の展開を目指す提言として、(i)重要素材の供給安定化、(ii)日本独自のすり合わせ技術・評価・標準化の組み合わせによる差別化、(iii)秘匿計算やAIを活用した協調領域の研究開発の加速に対する国の支援が望まれる。また(iv)評価方法の標準化、(v)測定装置（特にVNA）の国産化、(vi)許認可制度の簡略化や迅速化など、制度面の整備にも支援を集約することにより、国際競争力を持続的に高める体制構築が可能となる。

【別添】参考資料 1

開発に取り組むべき具体的な技術の例示

超安全な社会の実現に向けた次世代高速通信ならびに周辺応用のために必要な、取り組むべき技術における具体例について、公開できる範囲においてまとめた。これらは一例である。

1. 100GHz 超における革新的低損失材料開発

大容量・高速化において、100GHz 以上の高周波領域を使用する必要が出てくるが、ノイズが課題となるため、それを抑えるために低誘電率かつ低損失な基板材料や、低損失な導体材料が必要となる。これはノイズだけでなく、限りあるエネルギーを効率よく使用することにもつながるため、通信のエネルギー問題の一端を担う重要な技術となる。例えば、産総研において、基板材料として、ポリマーとセラミックスのコンポジット材料 (S. Ata et al., ACS Omega, 2023, 8, 9379-9384) に対して、空孔を導入することにより、低誘電率と低損失を兼ね備えた材料の開発に取り組んでおり、初期的な成果が得られている (図 1-1、Nanotech2024 産総研発表資料より抜粋)。

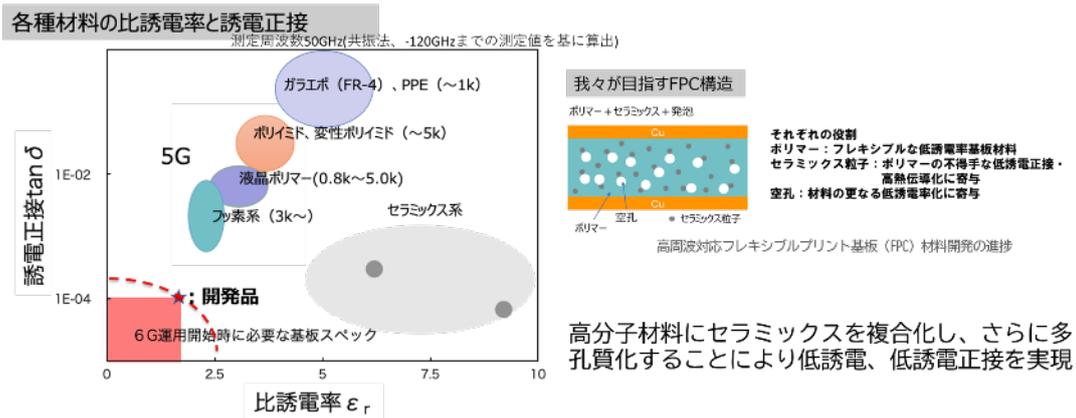
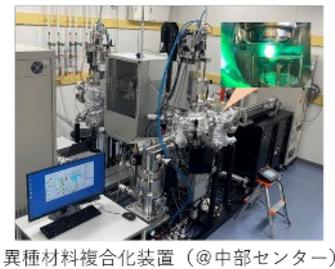
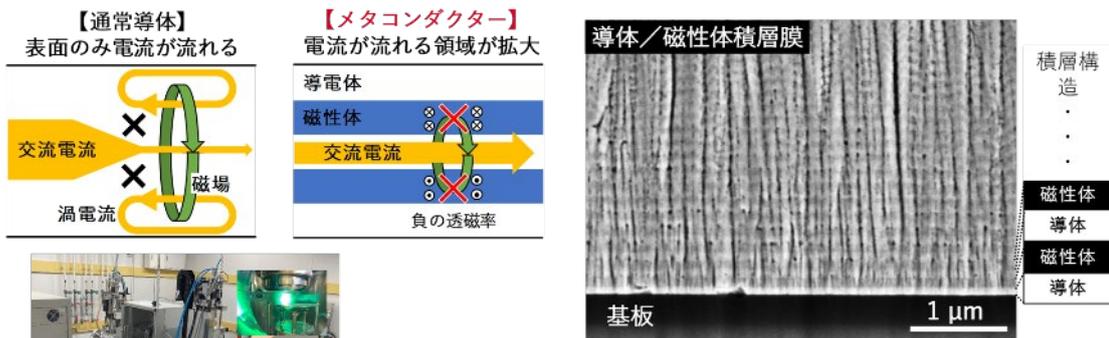


図 1-1 産総研で開発している低誘電率・低損失誘電体基板

また、導体材料においては、高周波の交流電流を流す場合、電磁誘導により流したい方向とは逆向きの電流が導体内に発生することにより電流が打ち消され、導体表面にしか電流が流れない「表皮効果」と呼ばれる物理現象により損失が非常に大きくなってしまいう問題がある。これに対して、磁性体と導体を積層させ、磁性体の負の透磁率を利用することにより、高周波電流が流れた際に発生する磁場をキャンセルさせることで導体内部に電流を流すことのできる「メタコンダクター」技術を産総研では取り組んでいる (図 1-2、Nanotech2024 産総研発表資料より抜粋)。メタコンダクターの技術自体は以前から報告されているものの、動作周波数が数 GHz 程度と低いため、100GHz 以上の動作に向けた検討を進めている。

これらの技術を様々な材料系やデバイス開発へ展開させていくことにより、応用シーンにおける使い分けなどが可能になると考えている。



磁性体材料の『負の透磁率』を利用し、
導体内部電磁現象を制御することで
表皮効果を抑制し導体損失を低減させる
導体/磁性体積層メタコンダクターの開発

図 1-2 産総研で開発している低損失導体「メタコンダクター」

2. 超平滑な導体・基板の接合技術

現在使われている導体は銅が主体であるが、1にて説明した表皮効果の表面しか流れない現象に起因して、回路を形成するうえで基板と導体の界面粗さは信号経路の伸長を招き、伝送損失の著しい増大が問題となる。そのため、導体/基板界面をできるだけ平滑にする必要があるが、平滑な界面では接着強度が低下するため、デバイス応用が難しくなるという課題を有している。産総研では、平滑なフッ素樹脂の表面への金属有機酸塩コーティングと光反応を組み合わせた技術により、高強度な接合界面を実現する技術を開発している。このような技術の進展により 100GHz 超の実用化に資する回路形成が可能となると期待される。(図 1-3、産総研プレスリリース、「つるつるなフッ素樹脂にがっちり接着」、2023/09/28、

https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2023/pr20230928/pr20230928.html)

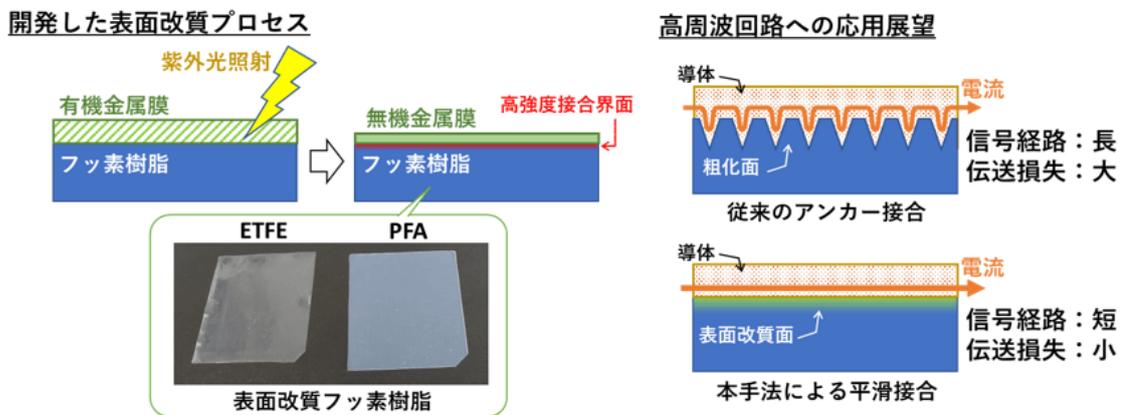


図 1-3 産総研で開発したフッ素樹脂の表面改質プロセスによる平滑接合技術

3. 100GHz 超における精密な評価技術の開発

材料・デバイス開発するうえで、精密かつ正確な評価技術の開発は重要である。前章の第1回会議の資料にも記載したが、産総研では、情報通信研究機構と共同で「Byond-5G/6Gを支える計量標準・校正技術ロードマップ」を発表し、評価技術の更なる高度化を進めている。例えば、平衡型円板共振器法の開発によりマイクロ波帯からミリ波帯までの超広帯域で計測できる測定方法を開発してきている（図1-4、産総研プレスリリース、「ミリ波帯高速無線通信の拡大を牽引する材料計測技術を開発」、2019/01/17、Y. Kato et al., IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2019, 68, 1796-1805 他）。材料・デバイス開発において、評価技術は表裏一体で欠かせないため、更なる高度化・実用化が重要となる。

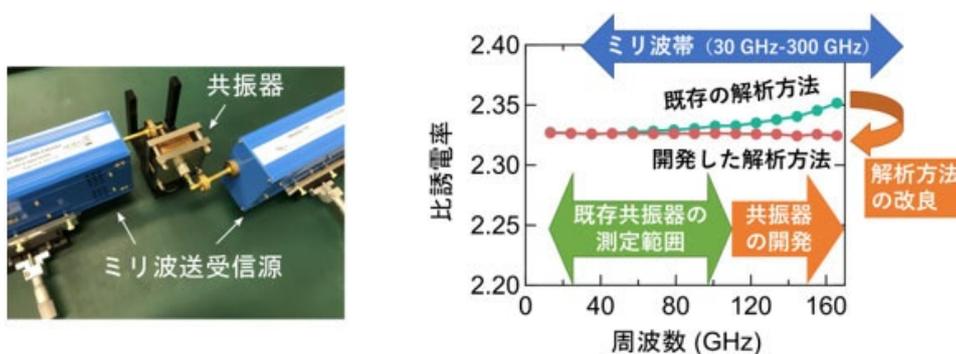


図1-4 産総研で開発した高周波帯域の材料物性評価技術

4. 通信カバレッジ拡大に向けたメタサーフェス技術の開発

高周波通信の普及について、重要な周辺技術としてカバレッジ拡大に向けた伝搬路制御技術がある。これは、高周波の遮蔽に弱いという特性により無線通信の品質が劣化しやすいという課題を解決するために必須技術であると考えられる。伝搬路制御技術の一つとして、移動端末に対してカバレッジを最適化させる Reconfigurable Intelligent Surface (RIS) を含めたメタサーフェス反射板技術が考案されている（図1-5、NTT「メタサーフェスによる伝搬路制御技術の考案と実証」、<https://www.rd.ntt/as/history/wireless/wi0518.html>）。

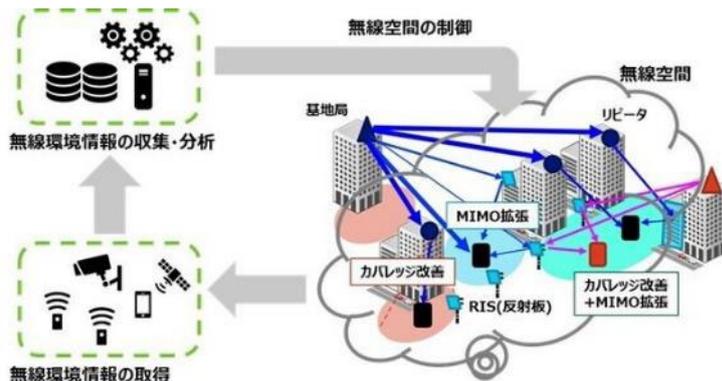


図 1-5 伝搬路制御技術とメタサーフェス反射板の応用想定 (NTT HP より引用)

メタサーフェス反射板については様々な方式で開発が進められているが、産総研でも大阪大学と共同で開発した 140GHz の周波数において特定方向に異常反射を示すメタサーフェス反射板や (図 1-6、Y. Kato et al., IEEE Access, 2021, 9, 157512-157521)、メタサーフェス反射板のテラヘルツ帯評価装置も開発しており (図 1-7、Y. Kato et al., IEEE Access, 2023, 11, 139295-139305)、反射板自体の開発だけでなく反射特性についての評価・実証についての技術開発においても注力している。これらの技術は、高周波帯の通信の実装に対して確実に必要な技術として考えられる。

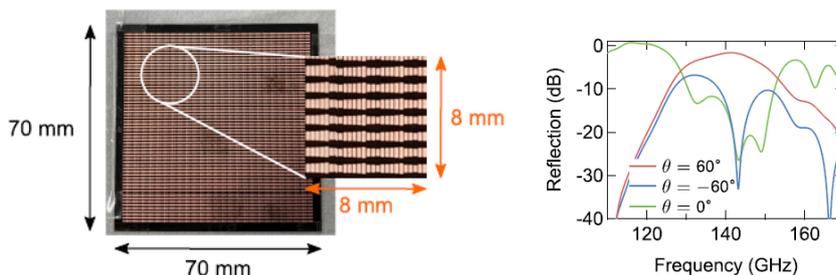


図 1-6 産総研と大阪大学が開発したメタサーフェス反射板の構造と反射特性評価結果

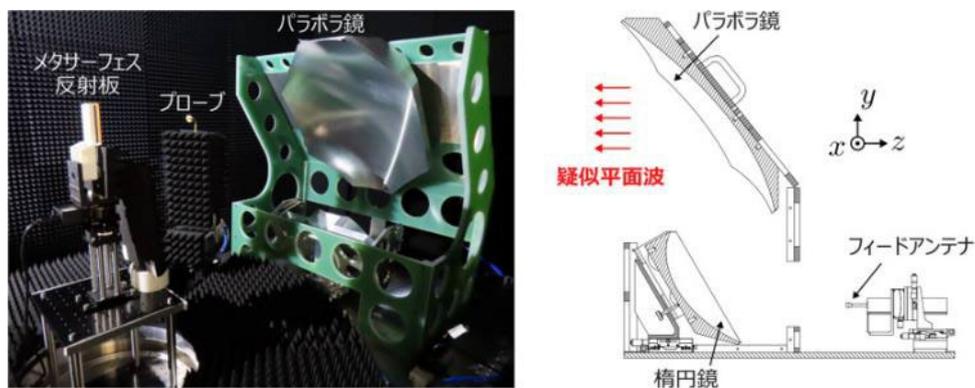


図 1-7 産総研と TDK、大阪大学が開発したメタサーフェス反射板の反射特性評価装置

次世代高速通信を実現する技術マップについて図 1-8 にまとめた。非常に多岐にわたる技術

が存在することがわかり、それぞれ単独の開発では実装・普及が進まないと考えられるため、各フェーズの連携が非常に重要となる。産総研は材料・デバイス・評価を中心に広くシーズ技術を有しており、多くの企業との連携・コンソーシアム化などを進めることで、材料～デバイスの設計・試作・評価を可能とする共通基盤プラットフォーム構築の基板となるポテンシャルを有している。

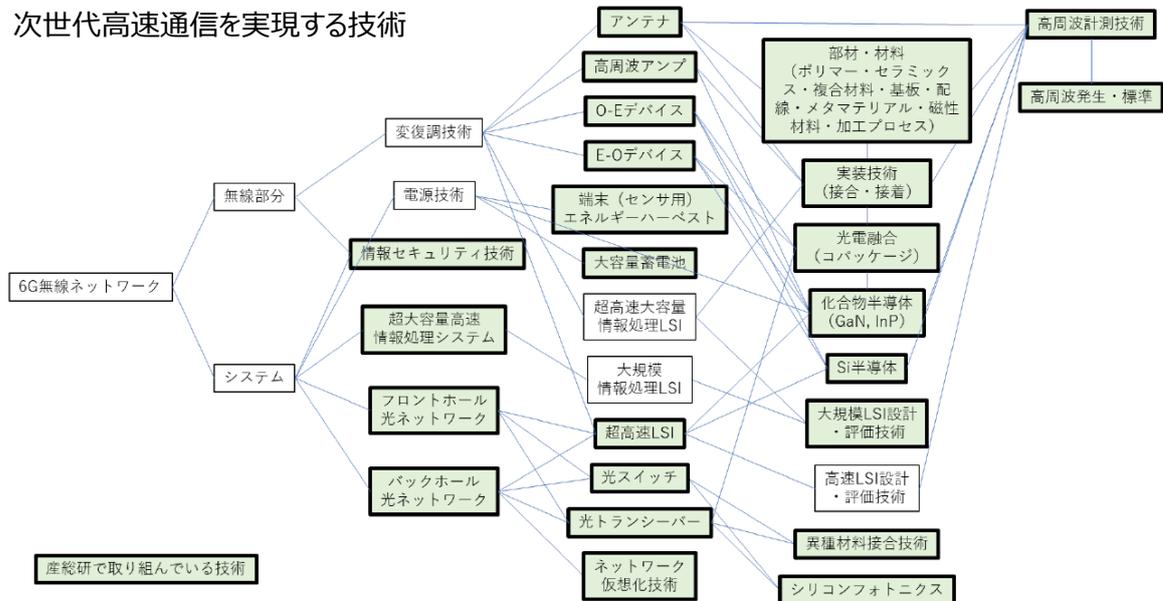


図 1-8 次世代高速通信を実現する技術マップ

NEDO 先導研究プログラム「次世代高速通信を実現する革新材料開発」概要

多数の素材メーカー、デバイスメーカー、国研、公設試、大学による産学連携体制を構築し、大手通信企業やモジュールメーカーなどへのヒアリングやコメントなどを求めながら、評価・試作プラットフォームの早期構築に向けた課題抽出について、サプライチェーンの横連携・縦連携の両者を意識した開発を行う。2025FY~2027FY 実施予定。

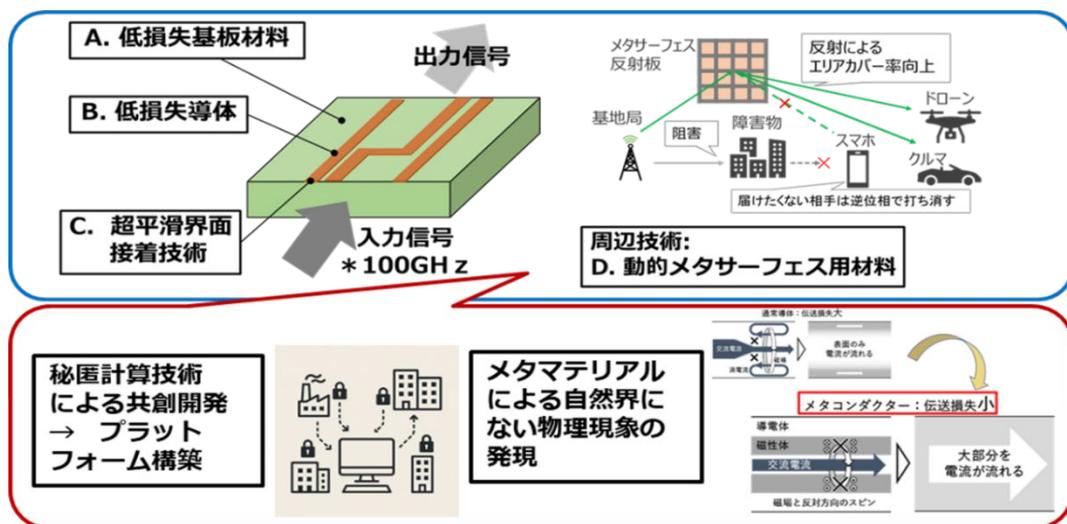


図 1-9 NEDO 先導研究プログラム「次世代高速通信を実現する革新材料開発」

【別添】参考資料 2

次世代通信ユースケースと材料課題のまとめ

1. セキュリティ・レジリエンス設計

【概要】次世代モバイル通信のセキュリティは、従来の『いつでも・どこでも・誰とでも』に、電波の空間選択性(ビームフォーミング、Active Electronically Scanned Array(AESA))と時間選択性(スケジューリング、ネットワークスライシング)を重ねることで、『今だけ・ここだけ・あなただけ』という通信リンクの個別・一時的・局所的セキュリティ強化を達成可能。Zero Trust Architecture(ZTA)と RAN 層の空間的秘匿性の組み合わせで、秘匿性とレジリエンスが同時に向上可能[1][2]。

【期待効果】秘匿性の多層化(アプリ暗号+ZTA+RAN ビーム)、秘匿性担保(管理付き流通)、レジリエンス向上(DT 演習と TSN 冗長)[2][3][4]。

2. 超スマートシティ(Ultra-Smart City)

【概要】都市の Digital Twin(DT)・自律モビリティ・サービス移行を統合し、リアルタイム最適化を図る構想。[5][6]。

【技術構成】AI、Integrated Sensing and Communication(ISAC)を活用した環境センシングと制御の枠組みなどが提案されている。[7]。

【PoC/動向】6G に向けたユースケースの俯瞰(都市・公共・産業)が各社から提示されています [5][6]。

【KPI/課題】低遅延($\leq 5\text{ms}$)と高信頼性($\geq 99.999\%$)の両立、ISAC の実装要件など [7]。

3. 遠隔医療(Remote Healthcare)

【概要】enhanced Ultra-Reliable Low-Latency Communication(eURLLC)とネットワークスライシングを活用し、遠隔手術・救急搬送連携・AI 診断が可能となる[8][9]。

【PoC/実証】da Vinci 5 による 4,000 マイル級の遠隔協調デモが複数メディアで報告されています [10][11][12][13]。

【実験】5G 経由の長距離テレサージェリでは操作遅延 18ms、映像遅延約 350ms の測定結果が示されている [14]。

【技術課題】医療データ保護、機器認証、端末冗長化、映像圧縮と術具制御の同期、圧倒的な低遅延など。

4. 自動運転・V2X(Vehicle-to-Everything)

【概要】Joint Communication and Sensing(JCAS)と Global Navigation Satellite System(GNSS) RTK により共有知覚を形成し、安全運転・協調交通を支える。

【デバイス】C-V2X On-Board Unit(OBU)/Roadside Unit(RSU)の商用モジュール(Unex OBU-352、MobiQ OBU/RSU)が公開されている [8][9][15]。

【研究】UCSD の C-V2X サイドリンク実験では画像フレーム転送の QoS 最適化(平均 goodput 向上)が報告されています [16]。

【測位】Telit Cinterion の GNSS RTK モジュール(SE868K5-RTK)に関する複数の技術記事が公開されています [17][18][19][20]。

【課題】周波数協調、Public Key Infrastructure(PKI)による証明管理、多モーダルデータの帯域設計など。

5. スマート農業

【概要】5G/5G-Advanced と Multi-access Edge Computing(MEC)、Fixed Wireless Access(FWA)により、センシング・ロボティクス・ドローン・自動走行農機を統合した精密農業が加速。吉林省の 5G 自動化農場では水使用量 40%削減・収量 10%増などの効果が報告 [14][17][20]。

【技術構成】プライベート 5G/パブリック 5G、エッジ AI、Internet of Things (IoT) センサ、無人航空機(UAV)/農業用ドローン(DJI Agras T50)、遠隔制御・可視化、Operations Center 等の DT 的運用 [18][19][20]。

【PoC/実証】Ericsson×PAWR の農業 5G SA ネットワーク(アイオワ州)で、フェノタイピング・家畜監視・農業自動化を検証 [15]。GSMA の自動化農業ケースでは灌漑・無人機・ドローン統合により生産性が向上 [14][17]。

【KPI】遠隔制御の遅延 $\leq 10\text{--}50\text{ms}$ 、圃場カバレッジ $>95\%$ 、センシングスループット(画像・多スペクトル) \geq 数百 Mbps、資源使用(淡水・肥料)削減($\sim 40\%$)。英国 Dorset の 5G プロジェクトでは mmWave 活用と“per-plant”農法の検証 [45]。

【課題】農村の接続格差の解消(バックホール・端末)、データガバナンスと秘匿性、サイバーセキュリティ、衛星系 Non-Terrestrial Networks(NTN)や SATCOM とのハイブリッドによる広域冗長化(John Deere×SpaceX) [21][22][23]。

6. スマートファクトリー(Smart Factory)

【概要】プライベート 5G/6G+Industrial Internet of Things(IIoT)により協調ロボット・予知保全・AR 支援・DT が進展する[5]。

【技術構成】Time-Sensitive Networking(TSN)により決定論通信を実現し、Open Radio Access Network(Open RAN)と連携[24][25][4]。

【PoC/実証】TSN 試験では $500\mu\text{s}$ 周期・ジッタ $<15\mu\text{s}$ などの特性が報告されている [4]。

【課題】レガシー設備の統合、Electromagnetic Compatibility(EMC)対策、Zero Trust Architecture(ZTA)による保護など [26][1][27]。

7. 没入型共用現実(Mixed/Extended Reality)

【概要】XRは次世代通信とMulti-access Edge Computing(MEC)によりエンドツーエンド遅延を 20ms 以下に抑制し、遠隔支援・保守・訓練で価値を創出可能。 [28][29]。

【技術構成】エッジレンダリング、ネットワークスライシング、Quality of Service(QoS)制御、MEC を組み合わせ、端末負荷を軽減。 [28][29]。

【PoC 事例】産業用 AR スマートグラスやトレーニング VR の適用事例が報告されている[28][29]。

【KPI】遅延 ≤ 20 ms、スループット ≥ 1 Gbps、信頼性 99.999% [29]。

【技術課題】光学導波路の均一性、光学系の効率と Field of View(FOV)、消費電力、量産性、色再現など。

8. デジタルツイン(Networks/City/Factory)

【概要】ネットワーク DT は設計・展開・運用最適化・セキュリティ演習を加速します(Open RAN/Non-Terrestrial Networks(NTN)を含む)[3][30][31]。

【ユースケース】6G/NTN のロールアウト加速、RAN/コアの同時評価、攻撃シナリオ検証などの適用が示されています [3][30][9]。

【課題】モデル精度・データ同化、計算資源など。

9. 宇宙・NTN(Non-Terrestrial Networks)利用

【概要】Low Earth Orbit(LEO)/Medium Earth Orbit(MEO)/Geostationary Orbit(GEO)/High Altitude Platform Station(HAPS)による三次元カバレッジで災害時レジリエンスや広域移動体通信を強化[22][32]。

【PoC】5G-Advanced の NR-NTN 試験(MediaTek×Eutelsat×Airbus)、LEO 衛星への直接 5G 接続(ESA)などが報告されている [33][34][35]。

【端末/素材】5G NTN 対応端末(Sharp)、Ku/Ka 帯フェーズドアレイの材料・設計観点(Qorvo) [36][32]。

【HAPS】超軽量太陽電池($0.3\text{--}0.6\text{ kg/m}^2$)や複合材機体(PHASA-35、Horus A、HiCAM)の開発動向 [37][38][39][40]。

素材・プロセスの技術課題

1) 基板材料:誘電率・損失正接の低さ、熱安定性、薄膜メタライズ信頼性。77GHz レーダの FMCW 線形性・位相雑音・アンテナ材料が指標 [31][41][42]。

2) TSN 対応ケーブル(導体・誘電体):低損失、耐油・耐熱・耐曲げ、EMC 適合。決定論通信のための IEEE 802.1AS/802.1Qbv/802.1CB 対応 [24][25][4]。

3) 光学導波路(XR):高屈折率・低吸収、ナノインプリント加工性、均一性(色シフト抑制)、熱・機械強度 [28][29]。

4) HAPS 太陽電池・複合材: $0.3\text{--}0.6\text{ kg/m}^2$ 級の超軽量太陽電池、層間剥離防止、耐湿・耐 UV、複合材量産プロセス(HiCAM) [37][38][39][40]。

参考文献

[1] O-RAN WG11: Zero Trust Architecture for Secure O-RAN – <https://mediastorage.o-ran.org/white-papers/O-RAN.WG11.ZTA%20for%20Secure%20O-RAN%20White%20Paper-2024-05.pdf>

[2] ETSI Press: ISAC GR ISC 001 (Use Cases & Deployment Scenarios) –

<https://www.etsi.org/newsroom/press-releases/2520-etsi-publishes-first-report-on-isac-use-cases-for-6g>

[3] VIAVI Perspectives: The Role of Digital Twins in Advancing 6G Networks – <https://blog.viavisolutions.com/2025/10/23/the-role-of-digital-twins-in-advancing-6g-networks/>

[4] WJARR: TSN Testbed Performance – https://journalwjarr.com/sites/default/files/fulltext_pdf/WJARR-2025-1594.pdf

[5] Ericsson Blog (2024/12): 6G Use cases – <https://www.ericsson.com/en/blog/2024/12/explore-the-impact-of-6g-top-use-cases-you-need-to-know>

[6] Ericsson Blog (2025/6): 6G: Are we ambitious enough? – <https://www.ericsson.com/en/blog/2025/6/6g-are-we-ambitious-enough>

[7] MassDevice: Intuitive demonstrates remote telesurgery with da Vinci 5 – <https://www.massdevice.com/intuitive-demonstrates-remote-telesurgery-capabilities-with-da-vinci-5/>

[8] Unex OBU-352 Information Sheet – https://unex.com.tw/en/document/obu-352_information-sheet/

[9] MobiQ OBU-5931 Cut Sheet – <https://mobiq.io/wp-content/uploads/2025/08/OBU-5931-Aug-2025-Cut-Sheet.pdf>

[10] Fierce Biotech: Intuitive shows telesurgery capabilities – <https://www.fiercebiotech.com/medtech/intuitive-shows-telesurgery-capabilities-transatlantic-demonstration>

[11] The360AI News: Intuitive demos 4,000-mile telesurgery – <https://the360ainews.com/2025/07/16/intuitive-demos-4000-mile-telesurgery-with-da-vinci-5-surgical-robot/>

[12] MPO-Mag: Intuitive Displays da Vinci 5 telesurgery – <https://www.mpo-mag.com/breaking-news/intuitive-displays-da-vinci-5-robots-telesurgery-capabilities/>

[13] International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery: Long distance telesurgical demonstration over 5G – <https://link.springer.com/article/10.1007/s11548-023-02913-2>

[14] GSMA 5G Transformation Hub: How 5G can Boost Agricultural Output – https://www.gsma.com/5GHub/images/5G-Case-Study-Smart-Agri_2022-12-29-114534_gpls.pdf

[15] Ericsson Press: 5G SA network for rural agricultural research (PAWR/ARA, 2023-09-06) – <https://www.ericsson.com/en/press-releases/6/2023/ericsson-and-pawr-light-up-5g-network-for-rural-agricultural-research>

[16] UCSD: Adaptive C-V2X Sidelink Communications – https://esdat.ucsd.edu/sites/esdat.ucsd.edu/files/publications/Adaptive_C_V2X_Sidelink_Communications_for_Vehicular_Applications_Beyond_Safety_Messages__camera_ready.pdf

- [17] GSMA 5G Business Accelerator Hub: Smart agri – <https://www.gsma.com/5GHub/smartagri>
- [18] DJI AGRAS T50(製品ページ) – <https://ag.dji.com/t50>
- [19] DJI Newsroom: Agras T50/T25 Global Launch (2024-04-25) – <https://ag.dji.com/newsroom/agras-t50-and-t25-global-launch>
- [20] Ericsson Perspectives: The future of smart agriculture – <https://www.ericsson.com/en/about-us/new-world-of-possibilities/imagine-possible-perspectives/smart-farming>
- [21] John Deere News: Strategic Partnership with SpaceX(Starlink SATCOM, 2024-01-16) – <https://www.deere.com/en/our-company/static/john-deere-partnership-with-spacex/>
- [22] 3GPP: Non-Terrestrial Networks Overview – <https://www.3gpp.org/technologies/ntn-overview>
- [23] 3GPP Partner News: NTN & Satellite in Rel-17 & 18(IoT-NTN for agriculture 等) – <https://www.3gpp.org/news-events/partner-news/ntn-rel17>
- [24] IEEE 802 TSN Task Group – <https://1.ieee802.org/tsn/>
- [25] Electropages: ADI TSN Switches – <https://www.electropages.com/2025/07/industrial-ethernet-switches-deliver-reliable-and-low-latency-communication>
- [26] NIST: Fundamentals of 6G – AI, Security, and Open RAN – <https://www.nist.gov/news-events/news/2025/07/fundamentals-6g-ai-security-and-open-ran>
- [27] MDPI Future Internet: Secure O-RAN with ZTA & Federated Learning – <https://www.mdpi.com/1999-5903/17/6/233>
- [28] STL Partners: 5G and AR/VR – <https://stlpartners.com/articles/edge-computing/5g-edge-ar-vr-use-cases/>
- [29] MDPI Sensors: Towards an Evolved Immersive Experience – <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/7/3682>
- [30] VIAVI Perspectives: Accelerating 6G and NTN through Network Digital Twins – <https://blog.viavisolutions.com/2025/06/26/accelerating-6g-and-ntn-through-network-digital-twin/>
- [31] MDPI Electronics: CMOS IC Solutions for 77 GHz Automotive Radar – <https://www.mdpi.com/2079-9292/13/11/2104>
- [32] Qorvo Blog: LEO Satellites & Wireless Expansion – <https://www.qorvo.com/design-hub/blog/advancing-communication-the-role-of-leo-satellites-in-the-wireless-expansion>
- [33] MediaTek: First 5G NR-NTN over LEO – <https://www.mediatek.com/tek-talk-blogs/worlds-first-5g-nr-ntn-connection-over-leo-satellites>
- [34] Electronics360: First successful 5G NTN trial via LEO – <https://electronics360.globalspec.com/article/21991/world-s-first-successful-5g-ntn-trial-via-leo-satellite>

- [35] ESA: Direct 5G connection to LEO Satellite – https://www.esa.int/Applications/Connectivity_and_Secure_Communications/World-first_direct_5G_connection_to_low_Earth_orbit_satellite_opens_new_era_for_mobile_coverage
- [36] Sharp: 5G NTN LEO User Terminal – <https://global.sharp/corporate/news/251007-c.html>
- [37] SoftBank Blog: Ultra-lightweight Solar Modules for HAPS – <https://www.softbank.jp/en/corp/technology/research/topics/053/>
- [38] BAE Systems: PHASA-35 Stratospheric success – <https://www.baesystems.com/en/article/solar-powered-aircraft-achieves-new-stratospheric-success>
- [39] AeroVironment: Horus A flight tests – <https://www.avinc.com/resources/press-releases/view/av-successfully-flight-tests-new-solar-powered-aircraft-redefines-stratospheric-payload-capabilities>
- [40] NASA NTRS: Hi-Rate Composite Aircraft Manufacturing (HiCAM) – https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20240012635/downloads/ITHEC%2024_HiCAM%20Keynote%20Final%20V1%20Oct%202%202024.pdf
- [41] Semiconductor Engineering: CMOS ICs for 77 GHz Automotive Radar – <https://semiengineering.com/cmos-ics-for-77-ghz-automotive-radar/>
- [42] NXP Fact Sheet: High-resolution 77 GHz radar – <https://www.nxp.com/docs/en/fact-sheet/AUTORADARFS.pdf>

【別添】参考資料 3

特許分析結果

5G/6G 時代における移動通信技術の特許動向分析

(2010 年以降・移動通信分野限定)

1. 目的と背景

本調査は、5G から 6G への技術移行期における**移動通信分野の技術動向**を特許情報から**定量的に把握**し、我が国の研究開発・産業競争力・政策立案に資する知見を得ることを目的とする。野村総合研究所(NRI)の特許分析ツールを用い、**2010 年以降**に公開された特許を対象に、**移動通信分野に限定して分析**を実施した。

2. 分析方法の概要

- **対象期間**: 2010 年以降 (特許分析対象 24409 件)
- **対象分野**: 移動通信 (5G/6G 関連)
- **分析内容**:
 - 技術分類 (IPC、FI) による技術領域の把握
 - 年度別特許件数の推移 (Excel 列 X, Y)
 - 国別出願動向 (Excel 列 Z-AB)
 - 材料関連特許の抽出・深掘り分析
- **留意点**: 明示的な「6G」「第 6 世代通信」といった文言は、名称・要約・請求項 1 のテキストからは検出されなかった。そのため、本分析では**高周波(ミリ波・THz)、低誘電・低損失、アンテナ・基板材料**などを 6G 関連材料技術の代理指標として用いた。

3. 全体動向(移動通信特許)

3.1 技術領域(IPC)分析

頻出する IPC は以下のとおりであり、**通信システム・無線通信技術が中心**である。

頻出 IPC コード:

- H04W72/04(通信システム、無線通信技術): 1069 件
- H04W24/10(無線通信システム): 721 件
- H04L27/26(データ転送技術): 546 件
- H04W16/28(通信関連技術): 499 件
- A63F7/02(インタラクティブなエンターテインメント技術): 384 件

これらから、**ネットワーク制御、リソース管理、データ伝送の高度化**が継続的に重視されていることが分かる。

3.2 年度別特許件数の推移

年度別特許件数(X, Y 列)を見ると、2010 年代後半以降に増加傾向が顕著であり、**5G 実装期から 6G 研究準備期にかけて特許活動が活発化**している。

3.3 国別出願動向

国別出願数では、**海外出願の比率が年々増加していることが確認された。**

これは、移動通信分野における技術開発が**グローバル競争フェーズに本格的に移行していること**を示唆している。

表 3-1 国別出願数

国名	特許件数	全体に占める割合
中国	3125	12.8
韓国	1740	7.1
アメリカ	2148	8.8
台湾	153	0.6
フィンランド	174	0.7
スウェーデン	246	1.0
カナダ	23	0.1
フランス	33	0.1
ドイツ	86	0.4

4. 材料関連特許の動向(5G→6G 移行期)

4.1 材料系 IPC・FI の位置づけ

通信分野全体に比べると件数は限定的であるものの、材料関連 IPC(C08、C09 等)は、539 件あり

- 低誘電・低損失材料
- 絶縁フィルム・積層体
- アンテナ・基板用樹脂材料

といった 6G で本質的に重要となる要素技術を含んでいる。

具体的には、

- C08G75/0236 - フェニレンスルフィド-フェニレンオキソ共重合体
- C08J5/18 - 絶縁フィルムおよびこれを含む積層体
- C09J7/00 - 多層シートおよび多層電子装置
- C09D153/02 - めっき用プライマー組成物
- C08G73/10 - 硬化性樹脂組成物、硬化物、積層体およびアンテナモジュール
- C08F2/44 - 多糖類のナノファイバー、分散媒およびモノマーを含む分散体
- C08B3/10 - 変性ナノセルロースおよび変性ナノセルロースを含む樹脂組成物

4.2 材料 FI の年度推移

材料 FI の年度推移(2018-2025 年)から、**2019 年を起点として急速な立ち上がり**が確認された。特に **2020-2022 年にピーク**を迎えており、これは 6G を見据えた材料研究開発が 5G 商用化と並行して加速したことを示している。

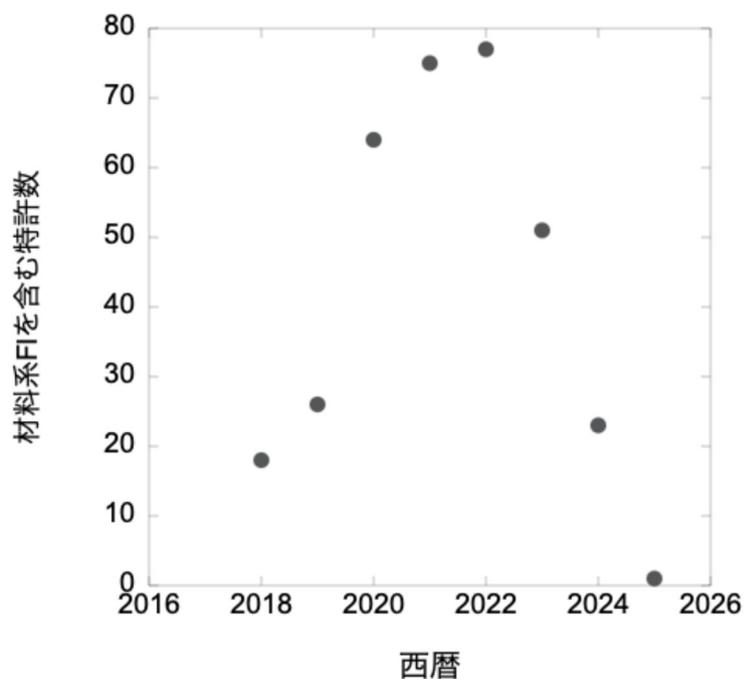


図 3-1 材料系 FI を含む特許出願数の推移。2023 年以降減少しているのは、特許公開前であるためと考えられる。

4.3 出願人の特徴

材料 FI に関する出願の大半は国内出願人によるものであり、

- 化学・素材系大手企業
- 電子材料・機能材料メーカー
が中心となっている。

この点は、材料分野における日本の相対的優位性を示す重要な結果である。

国別には、以下の通りであり、全体の海外の出願割合からすると、材料領域は日本が強いことが示唆される。

- 国内: 374 件(約 89.5%)
- 海外: 3 件(約 0.7%)
- 不明: 41 件(約 9.8%)

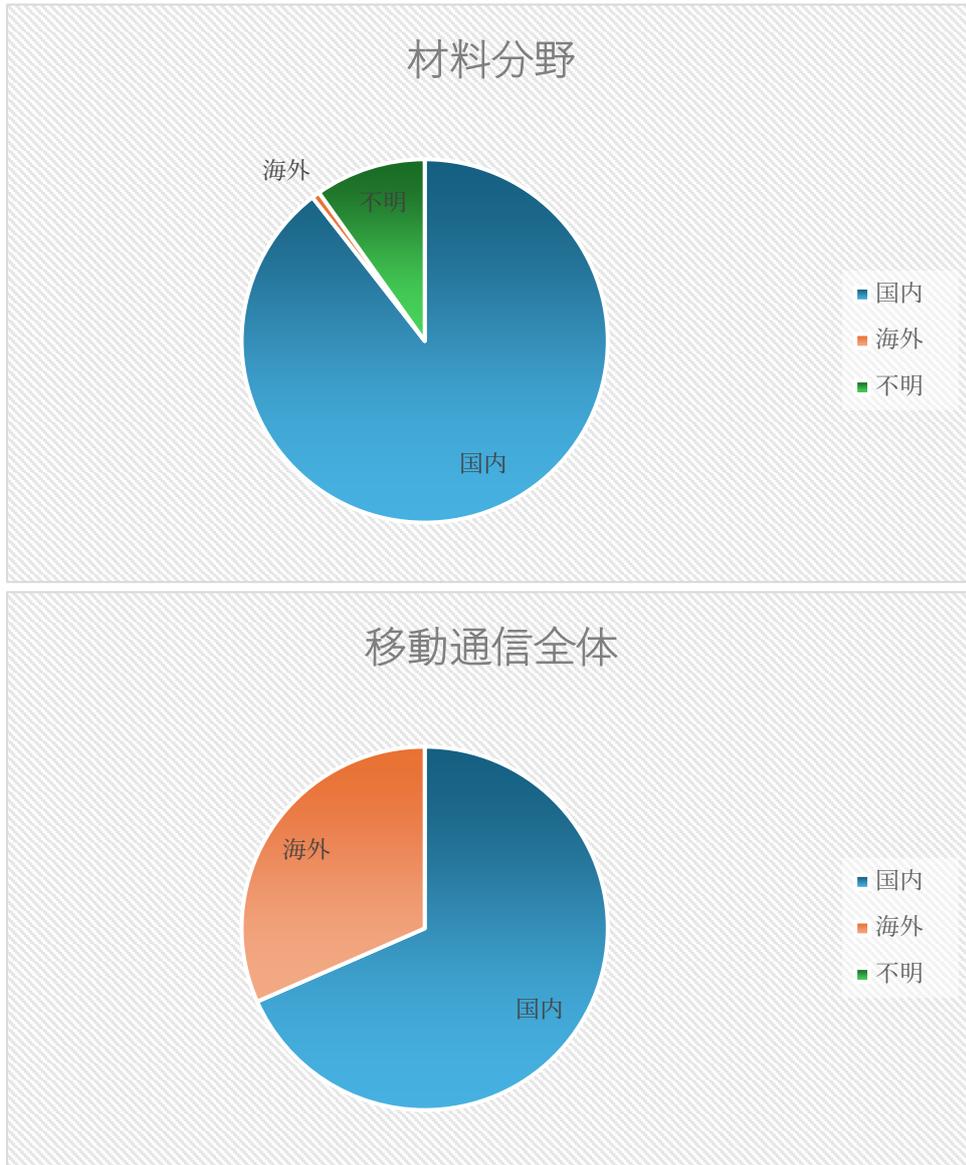


図 3-2 出願人の特徴

5. 分析結果の統合的解釈

1. 通信システム領域では、海外企業を含むグローバルな特許競争が激化している。
2. 一方で、材料関連技術については、日本企業が2019年頃から先行的に着火し、6Gを見据えた研究開発を集中的に進めてきた構図が読み取れる。
3. すなわち、システム・プラットフォームは国際競争、材料は国内優位という分業的構造が浮かび上がる。

6. 政策への示唆

本分析から、以下の政策的示唆が得られる。

- 材料分野は日本の戦略的不可欠性(Strategic Essentiality)を有する領域であり、6G時代における国際競争力の源泉となり得る。
- 海外出願が増加する通信システム分野に対し、材料・プロセス・評価技術を軸とした差別化

戦略が重要である。

- 6G では、THz 帯対応、低誘電・低損失、放熱・信頼性などが同時に要求されるため、**材料×デバイス×システムを横断する研究開発政策**が不可欠である。
- 特許動向からは、6G に向けた研究開発は既に始まっており、**2030 年以降を見据えた中長期の継続的投資**が求められる。

7. まとめ

2010 年以降の移動通信特許分析から、5G 実装期を経て 6G 研究開発フェーズへと移行する中で、

- 通信システム分野では国際競争が激化
- 材料分野では日本が先行的に技術蓄積
という構造が明確になった。

本結果は、今後の 6G 関連政策、研究開発投資、産学官連携戦略を検討する上での基礎資料として有効である。

【別添】参考資料4

活動報告詳細版

①リーダー機関3者会合（提案前会合）

2024年8月19日 11:30-12:15

開催場所：Teams 会議

参加者（敬称略）

三菱電機（株）先端技術総合研究所：友久 伸吾、長永 隆志

東レ（株）電子情報材料研究所：藤田 陽二

産総研：中野 隆志、三村 憲一、阿多 誠介、鶴田 彰宏、嶋村 彰紘

【会議の概要】

- ・ リーダー機関3者で COCN 推進テーマの提案に向けた議論を実施。
- ・ 次世代高速通信に向けたモノづくり産業の開発ロードマップを報告書にまとめ、国への提言基盤を構築することで合意。
- ・ 日本企業に有益な体制として、国際標準化の検討を含めることを確認。
- ・ 協調領域の明確化を進める方針。
- ・ 海外連携については、国際的な周波数動向に協調し、海外企業の排除はしない方針で合意。

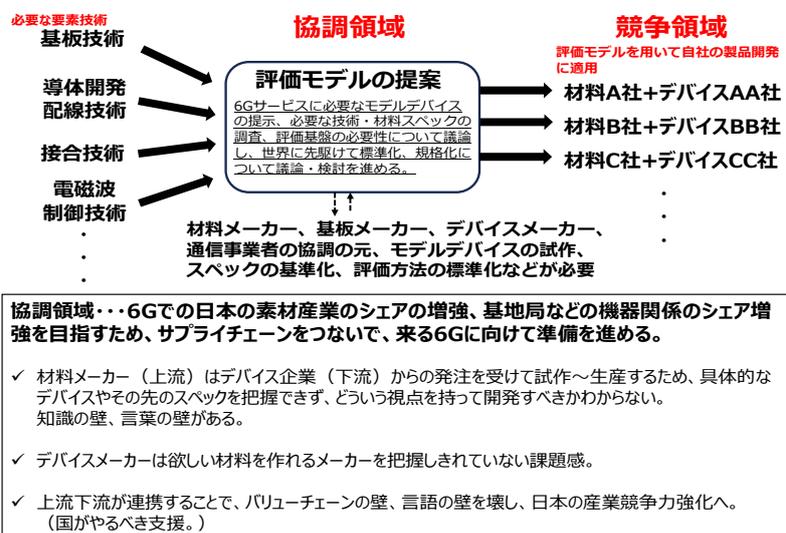


図 4-1 次世代高速通信に向けた材料・デバイス開発の協調領域と競争領域についての整理

②キックオフ会議

日 時：2024 年 11 月 21 日（木）10:00-12:00

場 所：Teams 会議

参加者：

【参画機関】

[産業技術総合研究所] 中野隆志，三村憲一，鶴田彰宏，嶋村彰紘，阿多誠介，野村健一，加藤大，中谷貴之，

[三菱電機株式会社] 長永隆志，友久伸吾，

[東レ株式会社] 藤田陽二

【オブザーバー】

[情報通信研究機構] 石津健太郎，[株式会社 KDDI 総合研究所] 岸洋司，

[株式会社本田技術研究所] 豊田裕介

【COCN】

水落隆司（三菱電機株式会社），谷明人（JX 金属株式会社），坂口隆明（三菱電機株式会社），島田啓一郎（ソニーグループ株式会社），鎌田芳幸（株式会社東芝）山口雅彦，金枝上敦史（COCN 事務局）（敬称略・順不同）

【会議の概要】

- 産総研による 6G 材料開発の取り組み紹介と、今後の進め方・参画機関の声かけ状況・スケジュール確認を実施。
- サプライチェーンを超えた連携イメージ（図 4-2）と国家プロジェクト化のスケジュール案（図 9、2025 年度版に更新）を提示。
- 経産省との意見交換内容を共有し、海外展開や制度的制約への対応の必要性を議論。
- 6G に限定せず、センサなど周辺分野への展開も含めて議論を進める方針で一致。
- 材料だけでなく、デバイス・モジュール領域の国際競争力についても議論。
- 日本のモノづくりの強みを活かしたポジティブな国への提言が望ましいとの意見。
- 下記の 4 テーマについての課題の整理と提言に向けて議論を進めることとした。
 - ⑤ 利用周波数帯を見据えたモデルデバイスの検討、必要なデバイス・材料スペック、それらを製造するための技術の精査
 - ⑥ 国内外の次世代通信における研究開発動向や、6G 新規参入が見込まれる産業・企業等の調査
 - ⑦ 戦略的不可欠性を担保するため、材料・デバイス・通信システムの各視点から開発すべき技術の洗い出し
 - ⑧ 評価方法の標準化等に関する議論

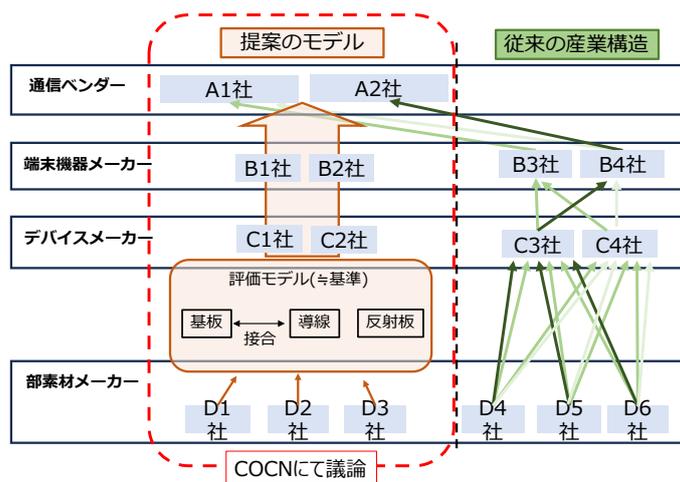


図 4-2 目指すべきサプライチェーンを超えた連携体制
(例えば国プロなどで連携基盤を構築するなど)

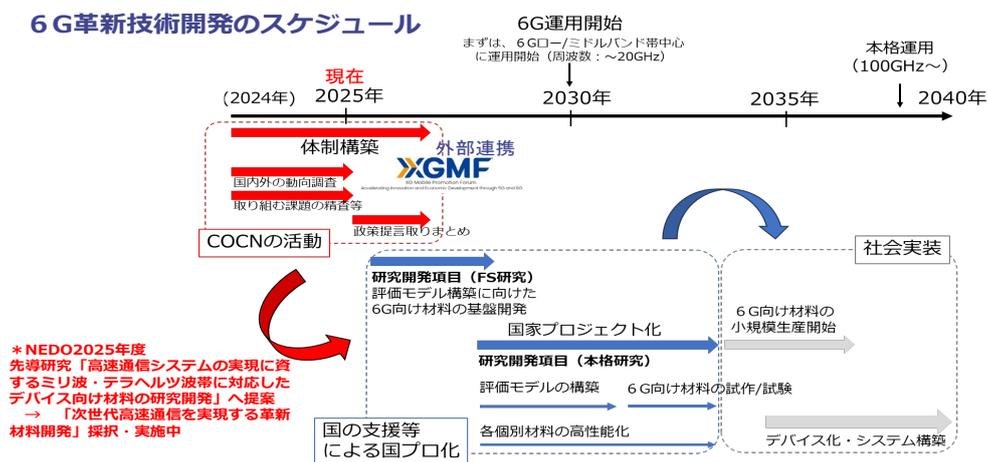


図 4-3 次世代高速通信向け革新技術開発のスケジュール (2025 年更新版)

③第一回会議

日 時：2025 年 1 月 10 日 (金) 10:00-12:00

場 所：Teams 会議

参加者：

【参画機関】

[産業技術総合研究所] 中野隆志, 藤代芳伸, 三村憲一, 鶴田彰宏, 嶋村彰紘, 阿多誠介, 加藤悠人, 田丸慎吾, 中村壮伸, 加藤大, 中谷貴之

[三菱電機株式会社] 長永隆志, 友久伸吾, [東レ株式会社] 奥田良治

[株式会社日本触媒] 高田亮介

【オブザーバー】

[株式会社本田技術研究所] 松村定晴, [株式会社レゾナック] 山口健洋,

[デンカ株式会社] 溝手範人, 五郡大輔

【COCN】

水落隆司（三菱電機株式会社）、坂口隆明（三菱電機株式会社）、
島田啓一郎（ソニーグループ株式会社）、山口雅彦、金枝上敦史（COCN 事務局）
（敬称略・順不同）

【会議の概要】

参画機関・連携状況

- 日本触媒と NICT の新規参画が決定。
- デンカ（1/16 に正式参画）とレゾナックも前向きに検討中。
- COCN と XGMF の連携強化により、川下企業とのコミュニケーション加速を目指す。

技術勉強会・標準化

- 産総研の加藤主任研究員・田丸主任研究員による高周波計測技術に関する勉強会を開催。
- メタサーフェスや高周波信号イメージング装置などの最先端技術を紹介。
- Beyond-5G/6G 対応の計量標準・較正技術ロードマップを共有。
- 試作・評価プラットフォーム整備の重要性を提言としてまとめる方針で合意。

各社の意見（評価・試作環境）

- 社内評価は負担が大きく、産総研などの支援が有用。
- 未踏領域では評価方法の提示が求められる。
- 川上・川下の評価の共通化と双方向コミュニケーションが重要。

プロジェクトの方向性・出口戦略

- 「戦略的不可欠性」をキーワードに、日本の技術力を強調する方針。
- 6G に限らず、センサや量子コンピュータなど広い視野で材料開発を検討。
- 要素還元主義に陥らず、ニーズに基づいた方向性を重視。

経済安全保障・AI との連携

- 素材分野でも海外勢の脅威があり、AI による特許取得の懸念が存在。
- 日本の強みは「作り上げる力」にあり、MI・AI との協業が重要。
- 材料開発の出口戦略として、産業化プロセスの明確化が必要。

④第二回会議

日 時：2025 年 5 月 21 日（水）15:00-17:00

場 所：産総研臨海副都心センター本館第 1 会議室（4F 412 室） & Teams 会議

参加者：

【参画機関】

[産業技術総合研究所] 中野隆志、三村憲一、嶋村彰紘、阿多誠介、北中佑樹、野村健一、
加藤悠人、加藤大、中谷貴之

[三菱電機株式会社] 長永隆志、林宏暁

[情報通信研究機構] 石津健太郎, [株式会社日本触媒] 高田亮介, [デンカ株式会社] 溝手範人、五郡大輔、[株式会社レゾナック] 山口健洋、[早稲田大学] 中川鉄馬、[明治大学] 歌代豊

【オブザーバー】

[情報通信研究機構] 寶迫巖、高橋和晃、[XGMF] 角埜勝明、
[株式会社本田技術研究所] 松村定晴、[大阪産業技術研究所] 小林靖之、[株式会社 ONBOARD] 大山りか

【COCN】

水落隆司（三菱電機株式会社）、坂口隆明（三菱電機株式会社）、島田啓一郎（ソニーグループ株式会社）、武田安司、金枝上敦史、福岡俊之、白川幸博（COCN 事務局）
（敬称略・順不同）

【会議の概要】

共創活動に関する議論

- サプライチェーン連携の課題：秘密保持・言語・社会実装の壁。
- 国プロでは、技術課題解決だけでなく、社会実装課題の解決が必要。
- 現在は個人ベースの非公式連携、公式活動（XGMF・COCN）で企業を巻き込む必要あり。
- 台湾 ITRI を例に、サプライチェーン連携活動について、国研（産総研・NICT）など中立機関の活用に期待。

XGMF テラヘルツ無線技術 PJ からの話題提供と材料・デバイスに関する議論

技術的課題と現状

- 高周波部品のコストが高く、デバイス化が進まない。
- テラヘルツ波は論文レベルでは進展しているが、市場流通には至っていない。
- ミリ波もかつては同様だったが、現在は市販化されており、テラヘルツも同様の展開が必要。

標準化と材料メーカーの役割

- 標準化は IEEE が主導しており、材料メーカーも議論に参加することでコスト低減の提案が可能。
- COCN では「戦略的不可欠性」の観点から、日本の技術の付加価値創出を議論すべきとの意見。

実装時の技術的課題

- 実装段階で新たな課題が発生：
 - 放熱フィンが大きくなる。
 - 300GHz アンテナにより IC サイズが巨大化など。
- 実装ターゲットに応じて技術的制約が生じる。

材料開発の可能性

- 100GHz 以上でも損失が少ない導体の研究を NEDO 先導研究にて進行中。

- 設計自由度を高める材料開発により、材料側からの提案や発見が期待される。
- 新材料では、原理はあるが歩留まりや量産性に課題が残る。

ユースケースと市場形成

- 通信のユースケースは「今だけ・ここだけ・あなただけ」という未開拓領域に可能性あり。
- 成功例（Wi-Fi）や失敗例から学び、市場創出の仮説構築が重要。

今後の展望

- サブテラヘルツ領域に巨大市場創出の可能性あり。
- 総務省の標準化戦略に通信分野が含まれており、府省懇談会での連携が期待される。
- 標準化戦略連携検討において英語でのリファレンスアーキテクチャ整備も国際連携に有効。

今後の活動予定

- ユースケース・デバイスの講師を招いた勉強会を開催予定。
- 特に実物を見ながら社会実装課題を議論する場をCOCNで設ける。
- XGMFの現場データを活用した議論への参加を呼びかけ。
- 巨大市場創出に向けた仮説構築と産学官連携の方向性を明確化。



図 4-4 第二回会議(産総研臨海副都心センター)での議論の様子

⑤第三回会議

日 時：2025年7月29日(火)14:00-16:00

場 所：NEC 玉川事業場（神奈川県川崎市） & Teams 会議

参加者：

【参画機関】

[産業技術総合研究所] 中野隆志、三村憲一、鶴田彰宏、嶋村彰紘、阿多誠介、北中佑樹、加藤悠人、加藤大、中谷貴之

[三菱電機株式会社] 長永隆志、林宏暁

[情報通信研究機構] 石津健太郎、[株式会社日本触媒] 高田亮介、[デンカ株式会社] 五郡大輔、[株式会社レゾナック] 山口健洋、[大阪産業技術研究所] 小林靖之、[[明治大学] 歌代豊

【オブザーバー】

[NEC] 丹治康紀、桑原俊秀、田和憲明、[株式会社本田技術研究所] 豊田裕介、松村定晴、
[NEDO] 瀬尾静

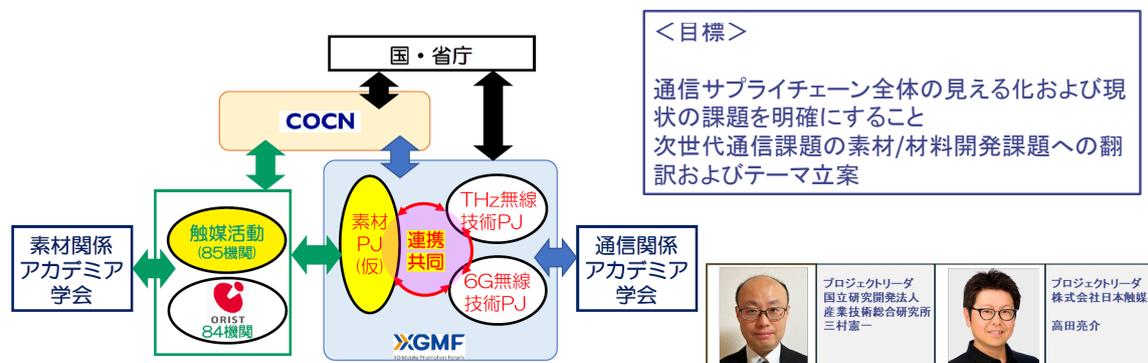
【COCN】

水落隆司（三菱電機株式会社）、中村典永（大日本印刷株式会社）、島田啓一郎（ソニーグループ株式会社）、武田安司、金枝上敦史、福岡俊之、白川幸博（COCN 事務局）
（敬称略・順不同）

【会議の概要】

産総研からの活動報告

- COCN フォーラム対応状況の報告。
- XGMFにて「次世代通信課題×素材/材料プロジェクト」立ち上げ。（図 4-5）
- 他の COCN 推進テーマ（生成 AI）との連携可能性の紹介。
- 6G 材料開発に関する 2025 年度 NEDO 先導研究の採択報告。



活動内容

- 川上から川下まで、サプライチェーンの各レイヤーのキーマンと議論を行い、サプライチェーンの全体/各レイヤーの課題の明確化を行う
- 上記結果から、日本の通信サプライチェーンの課題や戦略、方針を議論する
- 上記課題を素材/材料に翻訳することで、具体的な素材/材料開発方針を提案する
- 本PJ含むXGMFと、XGMF外の素材系コンソーシアムや団体との連携、共同開催

図 4-5 XGMF「次世代通信課題×素材/材料プロジェクト」の概要

NEC から高周波アンテナデバイスに関する話題提供・実機見学

技術構成・設計に関する質疑

- 配線伝送はチップ直前まで導波路を使用。
- 基板組込み導波管で低損失化できれば、スタッキング厚の削減が可能。
- 集積化により熱が溜まりやすく、パッケージ設計が課題。
- 応用分野は基地局アンテナを想定。

社会実装・許認可に関する議論

- 固定式反射板は認可不要だが、可動式は認可が必要で取得に時間がかかる。
- 他電波との干渉回避が認可取得の条件。
- 総務省との連携による許認可簡略化の提言が望まれる。

実装課題と素材開発の視点

- モバイル用途では発熱・放熱・サイズの課題が大きい。

- 近距離・大容量通信向けのユースケースが鍵。
- 設計に必要な物理量は $\tan\delta$ などの周波数依存性があるが、設計上は限定的。
- **製品レベルでは吸水率・線膨張係数などの安定性が重要。**
- COCN では、**製造時に注意すべきパラメータの整理・提言が有効。**
- IC とデバイスの距離調整による発熱対策も検討対象。
- **温度特性は屋外基地局用途では重要、周波数特性は試作で確認可能。**
- デバイス企業として、難燃性は規格に準拠すればよいとの認識。

評価方法と材料選定

- 材料特性だけでなく、銅箔ラフネス・加工精度など**複合要因**が影響。
- **素材メーカーは必要性能の把握精度の向上が重要。**
- 材料採用にはプリント基板メーカーの扱いが条件。**デバイス企業はプリント基板メーカーが扱っていないならばわざわざ採用しない。**
- 「この材料がないと作れない」状況であれば採用可能性が高まる。

今後の活動予定

- 次回会議では生成 AI テーマとの連携を議論予定。
- 提言のタイミング（2年で完了か、3年目に延長か）を検討。
- デバイスの許認可に関して省庁への提言も視野に。



図 4-6 第 3 回会議の様子(NEC にて実機見学中)

⑥第四回会議

日 時：2025 年 12 月 18 日(木)10:00-11:00

場 所：Teams 会議

参加者：

【参画機関】

[産業技術総合研究所] 中野隆志、三村憲一、鶴田彰宏、嶋村彰紘、阿多誠介、北中佑樹、加藤悠人

[三菱電機株式会社] 長永隆志、林宏暁

[情報通信研究機構] 石津健太郎、寶迫巖 [株式会社日本触媒] 高田亮介、[デンカ株式会社] 溝手範人、[株式会社レゾナック] 山口健洋、[大阪産業技術研究所] 小林靖之、[早稲田大学] 中川鉄馬

【オブザーバー】

[株式会社本田技術研究所] 豊田裕介、松村定晴、[NEDO] 瀬尾静、岡田明彦

【COCN】

水落隆司（三菱電機株式会社）、中村典永（大日本印刷株式会社）、島田啓一郎（ソニーグループ株式会社）、坂口隆明（三菱電機株式会社）、武田安司、金枝上敦史、福岡俊之、白川幸博（COCN 事務局）

（敬称略・順不同）

【会議の概要】

高周波通信に関する技術的議論

- サブテラヘルツ帯におけるデータセンター用途や低遅延性が強みとなる。5G では低遅延が謳われているが、実態としては十分でなく、サブテラヘルツの周波数が 10 倍になることでパケット長が 1/10 になり、圧倒的に低遅延になる点を次世代通信の強みとして強調すべき。
- 5G の普及の遅れから、材料開発を行ったにもかかわらず結果が出せなかったこと、国内完結は可能でも市場規模が小さく材料・デバイス開発が追いつかない課題が存在。使用周波数は ITU が決定するため、材料メーカー等の積極的な ITU へのアクセスは不可欠であり、国の支援が必要。あわせて、長期的なスケジューリングを明示することの重要性が述べられた。
- WRC-31 に向けた周波数アロケーションテーブルを定めるという議論が開始されており、100GHz 以下の議論が多い現状では、まず電波伝搬などのドキュメントの中で足りていない項目を埋めていくことが重要。一方で、IEEE802 の活用や 252-450GHz 帯（D バンド）を対象とした議論の可能性が示されており、アプリケーションとしては XGMF テラヘルツ無線 PJ において、バックホールおよびデータセンターに絞って議論している状況。

標準化・材料分野に関する議論

- 材料メーカーからの標準化に対するアクションの取り方などについて、特に基板や導体などのパッシブ材料については、狙いどころを定めるための知識共有が重要であり、まずはデータベース的に情報共有を行った上で、深掘り領域を議論するのが良い。
- 総務省でも委託調査で素材側・サプライチェーンの強みを調査しており、サプライチェーン強靱化が次世代通信の日本の勝ち筋として重要だというマインドセットになることに期待。

一般社団法人 産業競争力懇談会 (COCN)

〒100-0011 東京都千代田区内幸町 2-2-1

日本プレスセンタービル 6階

Tel : 03-5510-6931

E-mail : jimukyoku@cocn.jp

URL : <http://www.cocn.jp/>

事務局長 武田安司