

基本計画書

1 目的

電波の生物学的影響に関する研究を実施し、電波が人体へ及ぼす影響を科学的に解明することで、国民の電波利用に関する不安を解消し、より安全・安心に電波を利用できる環境を確保することを目的とする。

2 政策的位置付け

我が国では、電波の人体への安全性に関して、電波防護指針（以下「指針」という。）を策定し、これに基づき電波法令による規制を行うことにより、適切な電波利用環境を確保している。指針における基準値等は、世界保健機関（WHO）が推奨する国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）※が策定した国際ガイドラインと同等なものであり、国際的な整合性が確保されている。

近年、第5世代移動通信サービス（5G）や超高速無線 LAN、無線電力伝送（WPT）等、これまで身の回りで使われていなかった超高周波や中間周波の電波を利用する技術の実現・普及に向けた動きが世界各国で進展している。しかしながら、これらの周波数帯の電波の人体への安全性に関する科学的データの蓄積が十分でないことが WHO から指摘されており、喫緊の対応が求められている。

WHO では、このような課題に対応し、適切な人体防護を図るため、優先的に実施すべき研究課題を設定し、国内外の研究機関はこれに基づき研究を進めており、ICNIRP 等でも、電波ばく露に対する国際ガイドラインの改定作業が進められている。

総務省では、それらの状況を踏まえ、「生体電磁環境に関する検討会」において、新たな周波数帯の電波利用動向に対応するための指針等の見直しに関する検討を行い、平成 30 年 1 月に報告書をまとめるとともに、「生体電磁環境に関する研究戦略検討会」において、2040 年頃までを見据えた電波の安全性に関する中長期的な研究の方向性やロードマップについて検討を行い、平成 30 年 6 月に第一次報告書をまとめた。

さらに、「電波有効利用成長戦略懇談会 報告書」（平成 30 年 8 月 31 日、総務省）においては、2040 年代に向けて、「現行の法制度では適切な管理監督ができない状況が出現した場合に、安心・安全を確保しつつ、イノベーションを阻害しないよう技術基準適合性表示等の適切な在り方等について、見直しを行っていくことが重要である。」と提言されたところである。

本研究では、これらの国内外の動向を考慮して、指針の評価・検証や国際ガイドラインの改定等に資するために必要な研究を実施するものである。

※「International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection」: ICNIRP が定める電波防護ガイドラインは、WHO が推奨するほか、日本をはじめとする多くの国が電波防護基準として採用している。

3 研究内容及び実施期間

2019 年度より以下の研究課題について取り組む。詳細は別添 1 から 7 をそれぞれ参照すること。

- (1) 電波ばく露の温熱閾値に及ぼす年齢及び環境諸条件に関する研究【別添 1】
- (2) 電波ばく露における熱痛閾値の調査【別添 2】
- (3) 電波ばく露レベルモニタリングデータの取得・蓄積・活用【別添 3】
- (4) 米国国家毒性プログラム（NTP）の検証実験【別添 4】
- (5) 新しい無線通信等による小児への影響に関する疫学研究【別添 5】
- (6) 多様な環境条件での電波ばく露による眼障害閾値に関する研究【別添 6】

(7) 電波の生体影響評価に必要な研究手法標準化に関する調査・研究【別添7】

4 その他

(1) 研究の提案に当たっての留意点

本研究の提案に当たっては、以下の点に留意すること。

- ・企業、大学、法人等が単独で提案又は複数機関が共同で提案することが可能。
- ・研究課題への提案に当たっては、全体提案に加え、検討課題（ア、イなど）ごとの提案や、各検討課題のうち一部項目のみの提案も可能。
- ・本研究において目標を達成するための具体的な研究方法、実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体制について、研究計画書の中にできるだけ具体的に記載すること。
- ・提案に当たっては、本基本計画書に記されている到達目標に対する達成度を毎年度評価することが可能となるよう、具体的な評価項目を設定すること。さらに、各評価項目に対して可能な限り毎年度の数値目標を定めること。

(2) 研究の実施に当たっての留意点

本研究実施に当たっては、以下の点に留意すること。

- ・採択後、各研究機関等は、本基本計画書に記されている到達目標を達成するため、かつ、実用的な成果を導出するために必要な共同研究体制又は研究協力体制を構築すること。
- ・原則として検討課題アの代表実施者が、研究全体の取りまとめを行うものとする。ただし、実施者間の調整により変更は可能。
- ・当該研究と関連のある総務省委託研究「生体電磁環境研究及び電波の安全性に関する評価技術研究」の各研究実施者と密に連携を図って相補的に進めるとともに、効率的かつ効果的に研究を実施すること。
- ・WHOが発行している高品質の電磁界研究に関するガイドライン
(http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/64013/1/WHO_EHG_98.13.pdf)を参照すること。
- ・研究の成果を基に、WHOにおけるリスク評価に関する活動や国際的なガイドラインの検討に貢献するため、査読がある学術雑誌への投稿を積極的に行うとともに、生体電磁環境に関する検討会や情報通信審議会における電波防護指針等に関する審議に貢献すること。

1. 調査研究課題名

電波ばく露の温熱閾値に及ぼす年齢及び環境諸条件に関する研究

2. 実施期間

4年以内

3. 概要

今後、実用化が期待されている第5世代移動通信システム（5G）や人体近くで使用されるレーダー等では、ミリ波帯の利用が想定されているが、この周波数帯では、ばく露時の生理反応の感受性（温熱閾値等）について、年齢や環境温湿度等に左右されることが指摘されている。

しかし、現在議論されている ICNIRP、IEEE 等の国際ガイドライン改定案においても、その定量的な根拠が示されていない状況である。

そのため、全身平均 SAR の妥当性の検討も視野に入れながら、人体に対してのばく露を想定した調査を動物実験に基づき行うとともに、シミュレーションモデルを構築し、解析結果の比較・検討を行い、年齢やばく露時の環境諸条件に応じた感受性について最新知見を取得し、必要に応じて指針値に反映させる。

また、この研究結果を基に、現在議論されている国際ガイドラインの改定に寄与する。

4. 検討課題

以下の課題に取り組み、電波防護指針の基準値の妥当性及び指針改訂の必要性等について検証を行う。また、ICNIRP が策定した国際ガイドライン等との整合性を確認する。

ア 年齢や環境温湿度等の環境諸条件の多様性を考慮しながら、動物実験に基づき、人体に対するばく露調査を実施し、その結果をとりまとめること。

イ ばく露時の温熱シミュレーションモデルを開発し、それによる解析結果とアの調査結果の比較・検討を行うこと。

ウ 国際基準等への反映に向けた貢献を行うこと。

5. 到達目標（最終年度末）

ア 年齢や環境温湿度等の環境諸条件の多様性を考慮した上で、動物実験に基づき、人体に対するばく露調査を複数周波数帯で実施すること。

イ 複数条件で実施した実験結果等の比較を行い、その温熱感受性に関するばく露強度閾値の変動をとりまとめること。

ウ 実験結果等を基にシミュレーションモデルを開発し、それをを用いた解析による結果と実験結果等を比較・検討すること。

エ その実験結果等を基に、研究成果を適切な分野の査読がある学術雑誌に投稿の上、ICNIRP、IEEE 等の国際的なガイドラインへの反映に向けた提言等を行うこと。

1. 調査研究課題名

電波ばく露における熱痛閾値の調査

2. 実施期間

5年以内

3. 概要

中間周波（10kHz-10MHz）の電波を用いたワイヤレス電力伝送（WPT）システムは、今後、電気自動車等への広範な実用化が期待されているが、そのような中間周波を用いたシステムが一般的に普及するにしたがって、皮膚への局所ばく露、接触電流の機会が増えると考えられる。

「未来投資戦略 2018」においては、2030 年までに乗用車の新車販売に占める EV（電気自動車）等の次世代自動車の割合を 5～7 割とする目標が定められるとともに、補助目標として EV・PHV（プラグインハイブリッド）の普及台数を 2020 年までに最大で 100 万台とする補助目標も定められている。

EV 等の充電方法としては、85kHz 帯の中間周波数帯の使用が答申されており（情報通信審議会「ワイヤレス電力伝送システムに関する技術的条件」のうち「電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムに関する技術的条件」について一部答申（H27 年 7 月））、さらに中間周波数帯（数十 kHz～百数十 kHz 程度を想定）で大電力（10kW から最大 100kW クラス）の無線電力伝送技術の実用化が検討されている。

この技術が普及すれば、生活環境の至るところに充電システムの設置が予想され、人が WPT 設備に不用意に近づいた場合、安全装置が働くまでのタイムラグにより、防護指針を超えるばく露を受ける可能性も指摘されており、安全性の担保は重要である。

そのため、皮膚への局所ばく露、接触電流の際、熱痛（急激な温度上昇による痛覚）が、人体等へ重大な影響を及ぼすことのないように検討を行う。

本研究では、電波ばく露による熱痛に関する基礎データを取得し、現在の刺激作用のシミュレーション結果に基づいた電波防護指針値との整合性を検討する。

また、本研究の結果を踏まえ、必要に応じて指針値等に反映させる。

4. 検討課題

以下の課題に取り組み、電波防護指針の基準値の妥当性及び指針改訂の必要性等について検証を行う。また、ICNIRP が策定した国際ガイドライン等との整合性を確認する。

ア 電波ばく露評価手法の開発を行うこと。

イ 実験に基づき、接触電流による温感・熱感・熱痛の知覚閾値のデータ取得（安全対策等を含む倫理審査の対応）を行うこと。

ウ 医学・工学の評価技術を駆使し、マイクロレベルの応答（神経反応）に基づく詳細な生体モデルを構築、イのデータに基づいた生体モデル・シミュレーション手法を開発すること。

5. 到達目標（最終年度末）

ア 接触電流による熱痛の知覚閾値のデータを取得すること。（接触面積依存性）

イ 開発した生体モデルによる安全基準策定に資するデータを取得すること（ミリ波など他周波数帯との相違などの検討）

ウ 研究成果を適切な分野の査読がある学術雑誌に投稿すること。

エ シミュレーションに基づき、電波防護指針との整合性を確認すること。

1. 調査研究課題名

電波ばく露レベルモニタリングデータの取得・蓄積・活用

2. 実施期間

5年以内

3. 概要

現在では ICT の活用が進み、身の回りで多くの機器が電波を発するようになっているが、さらに今後、実用化が予定されている第5世代移動通信システム（5G）やワイヤレス電力伝送（WPT）等の普及により、さまざまな周波数帯の電波ばく露の機会が飛躍的に増大していくことが見込まれる。

しかし、これまで、携帯電話端末など単体の機器からのばく露に関する断片的なデータは得られているが、個人の多様な日常生活において、さまざまな電波発生源からのばく露状況について実際に評価し、推移を把握できるためのデータは十分に得られていない。

電波ばく露の実態を正しく国民に説明し、国民が電波を安全・安心に利用できる環境を構築するためには、多様な発生源によるばく露の特性を網羅的に特徴付け、ばく露の実態を定量的に分類し、把握することが必要である。

また、今後行われる疫学研究において、想定される電波の利用の拡大と健康への影響との関連については、実際のばく露を定量的に把握した上で論じることが必要である。

そのため、日常生活におけるさまざまな場所・場合におけるばく露特性を明確化することにより、電波のリスクに関するより実生活に対応した情報提供や、相談への対応を可能にするとともに、質の高い疫学研究を下支えする基礎データとするため、定量的なばく露データの蓄積・分析を行う。

4. 検討課題

以下の課題に取り組み、我が国における電波ばく露レベルモニタリングデータを取得・蓄積・活用する。また、同様の国際的な取り組みとの情報共有を図る。

ア 多様な無線機器・設備からの電波ばく露特性の実測・推定により、過去のばく露も含めて網羅的に整理すること。

イ 屋内屋外における代表的な場所での継続的な電波強度等の定点観測を行うとともに、移動型・携帯型測定装置を用いて、様々な場所及びライフスタイルを踏まえたばく露レベルの変動について把握すること。

ウ さまざまな環境におけるばく露特性に基づき、電波のリスクに関するより実生活に対応した情報提供や相談への対応を可能にするリスクコミュニケーション手法について検討を行うこと。

エ 従来の無線システムと新たな無線システムの複合ばく露等を考慮した総合的なばく露レベルについて、その変動を把握するための手法について検討を行うこと。

5. 到達目標（最終年度末）

ア 日常生活におけるさまざまな場所・場合におけるばく露特性を明確化すること。

イ 代表的な場所での継続的な定点観測や、移動型・携帯型測定装置を用いた観測によって得られた電波ばく露モニタリングデータについて、その蓄積・分析を行うこと。

ウ 電波ばく露レベルモニタリングデータ等に基づくリスクコミュニケーション手法について、その効果を検証するとともに、さらなる安全・安心な電波利用環境の実現に向

- けたリスクコミュニケーションの在り方について、課題の整理を行うこと。
- エ 電波ばく露レベルモニタリングデータについて、電波ばく露による健康影響に関するコホート研究やトレンド解析等の疫学研究に活用できるよう整理すること。

1. 調査研究課題名

米国国家毒性プログラム（NTP）の検証実験

2. 実施期間

5年以内

3. 概要

携帯電話等で用いられる高周波において、電波の熱作用以外の作用（非熱作用）については様々な議論が行われているが、概ね確定された影響はないと認識されている。

しかし、米国国家毒性プログラム（NTP: National Toxicology Program）が実施した高周波電波ばく露の長期発がん性試験の報告書草案（2018年2月）において、一部の条件において高周波電波ばく露により統計的に有意な心臓の腫瘍等の増加が報告され、同年3月に行われた専門家によるレビューでは、「明確な証拠」として判定された。また、同年11月に公表された最終報告書では、「2G及び3G携帯電話で用いられているものと同様の電波に高いレベルでばく露した雄ラットは、がん性の心臓腫瘍を発症したという明確な証拠があった。ただし、雌ラット、ならびに雌雄のマウスについては、観察されたがんが電波へのばく露と関連しているかどうかの証拠は曖昧であった。」と結論づけられた¹。

NTPは米国の権威あるプログラムであり、この一連の報告に対しては、国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）や米国食品医薬品局（FDA）等の機関が声明を出す^{2,3}など、国内外でその研究結果の正確性、妥当性に注目が集まっている。

NTPが実施した発がん性に関する研究結果について、十分な検証が行われなければ、電波の安全な利用に重大な影響を及ぼす可能性があるため、可能な限り国際的に連携し、必要に応じ適宜対策を講じながら、その研究結果の検証実験を実施する。

4. 検討課題

以下の課題に取り組み、電波防護指針の基準値の妥当性及び指針改訂の必要性等について検証を行う。また、ICNIRPが策定した国際ガイドライン等との整合性を確認する。

ア NTPの研究結果を検証可能な実験を計画し実施すること。NTP研究に対しては、電波ばく露によるラットの体温上昇を正確に把握できていなかった可能性や、結果の統計的分析に疑問点がある等の指摘があったことから、それらの指摘を踏まえ、必要に応じて適宜対策を講じながら、検証実験を行うこと。

イ NTPで用いた高周波の電波ばく露装置と同等の性能を有する装置の開発を行うとともに、当該装置を用いた際のばく露評価を実施し、その不確かさについて評価すること。また、それに基づき装置を適切に改良すること。

ウ 開発した装置で動物発がん性試験のための予備的検討を実施した上で、長期発がん性

¹ High Exposure to Radio Frequency Radiation Associated With Cancer in Male Rats
<https://www.niehs.nih.gov/news/newsroom/releases/2018/november1/index.cfm>

² International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. ICNIRP Note on Recent Animal Carcinogenesis Studies. 04.09.2018
<https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPnote2018.pdf>

³ Statement from Jeffrey Shuren, M.D., J.D., Director of the FDA's Center for Devices and Radiological Health on the National Toxicology Program's report on radiofrequency energy exposure
<https://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm624809.htm>

試験を実施すること。

エ 上記のア～ウの実施にあたっては、同様の検証実験を計画している国がある場合は、可能な限り各国との国際的な連携を行うこと。

5. 到達目標（最終年度末）

- ・ NTP の実施した研究結果に関する検証実験を完了し、長期発がん性試験等の結果について報告すること。
- ・ 研究成果を適切な分野の査読がある学術雑誌に投稿すること。

1. 調査研究課題名

新しい無線通信等による小児への影響に関する疫学研究

2. 実施期間

5年以内

3. 概要

現在では ICT の活用が進み、身の回りで多くの機器が電波を発するようになっているが、さらに今後、実用化が予定されている第5世代移動通信システム（5G）やワイヤレス電力伝送（WPT）等の普及により、さまざまな周波数帯の電波ばく露の機会が飛躍的に増大していくことが見込まれる。

また、近年は携帯電話の使用開始年齢が低下し、幼小児がスマートフォン等を利用する状況が増えており、そのような状況の中、小児の発育や精神神経発達への影響評価については国民の関心も高く、WHO 等でも優先順位の高い研究として位置づけられている。

しかし、これまで日本を含めてこのような調査は十分に行われていない。

そのため、5G を始めとして、3G や 4G 等で用いられる高周波の電波ばく露による生体影響について、電波ばく露そのものの直接的な影響と、情報端末の利用に関わる諸々の要因も考慮しながら、特に小児の高次神経機能を中心とした健康への影響を、疫学研究により明らかにする。

なお、電波のばく露量に関しては、「電波ばく露レベルモニタリングデータの取得・蓄積・活用」で得られたデータを活用し、人でのリスク評価を精密に実施する。

4. 検討課題

以下の課題に取り組み、電波防護指針の基準値の妥当性及び指針改訂の必要性等について検証を行う。また、ICNIRP が策定した国際ガイドライン等との整合性を確認する。

既存の大規模出生コホート研究の参加者を対象に、電波ばく露および情報端末機器の利用に関する調査を実施すること。エンドポイントとしては、高次神経機能を中心に、加えて例えば、睡眠や食欲、身体活動などへの健康影響を広く捉える疫学調査とする。これらの調査を開始するにあたり、ばく露評価や、統計の専門家が含まれる研究体制を構築するよう努める。

なお、胎児期ばく露による影響については、将来、妥当な研究を開始できるように調査基盤を整備することとする（既存のコホート研究を用いた前向き研究を先行させる）。

5. 到達目標（最終年度末）

ア 大規模出生コホート研究から得たデータをもとに、5G 導入後の無線通信の利用状況及び従来の 3G/4G 利用との比較による学童期の小児の高次神経機能を中心とした健康影響への影響評価を行うこと。

イ 研究の成果については、適切な分野の査読がある学術雑誌に投稿するとともに、関連国際会合での寄与等、国際的なリスク評価に反映されるように努めること。

1. 調査研究課題名

多様な環境条件での電波ばく露による眼障害閾値に関する研究

2. 実施期間

4年以内

3. 概要

先進的な無線通信技術、例えば現在実用化されている WiGig 無線 LAN 規格や今後実用化が期待されている第5世代移動通信システム (5G) 等では、ミリ波帯の電波が使用されているが、そのような技術は今後、様々な種類の端末（携帯電話端末・ウェアラブル機器・仮想現実 (VR) 用ゴーグル・無線 LAN 端末等）に用いられることが想定される。

ミリ波帯の電波による眼障害については、まだ完全に解明されてはおらず、WHO 等でミリ波帯の電波による眼障害との関連についてガイドライン改定の検討が進められている。

ミリ波帯の電波ばく露と眼障害を検討する条件として、これまでほとんど考慮されていなかった環境条件下（非常に高い温・湿度環境等）に長時間さらされた場合の安全性については、我が国においても関心が高いことから、人体への十分な安全性を確保できるよう、検討を行う必要がある。

そのため、実環境であり得る環境条件とミリ波帯の電波による眼障害との関連を究明するための生物学実験を行う。

また、それらの結果を基にシミュレーションモデルを構築し、眼障害閾値を予測する。

さらに、研究成果を基に、電波防護指針の基準値の妥当性及び指針改訂の必要性等について検証する。また、WHO 等で検討されている国際ガイドライン改定に寄与する。

4. 検討課題

以下の課題に取り組む。

ア ヒト眼部の忌避反応と環境因子との関連について究明すること。

イ 国際的な環境や想定される新技術の使用環境における温・湿度状況での電波による眼障害の閾値を生物学実験により検索すること。

ウ 眼障害閾値を予測するためのシミュレーションモデルを開発すること。

5. 到達目標（最終年度末）

ア 電波の忌避反応や眼障害に対する環境因子の関連を究明し、閾値に関しての知見を得ること。

イ シミュレーションにより、様々な温・湿度環境における電波による眼障害の閾値を推定すること。

ウ 眼障害に関する閾値等の根拠を提供し、研究成果を適切な分野の査読がある学術雑誌に投稿するとともに、電波の国際ガイドラインの策定等へ貢献すること。

1. 調査研究課題名

電波の生体影響評価に必要な研究手法標準化に関する調査・研究

2. 実施期間

5年以内

3. 概要

現在では ICT の活用が進み、身の回りで多くの機器が電波を発するようになっているが、さらに今後、実用化が予定されている第5世代移動通信システム（5G）やワイヤレス電力伝送（WPT）等の普及により、さまざまな周波数帯の電波ばく露の機会が飛躍的に増大していくことが見込まれる。

一方で、それらの電波による人体への「確立されていない作用」である癌原性、神経毒性、生殖毒性等については、さまざまな機関が独自の生物学的検証を行っている。

しかし、それらの検証に用いる方法は、これまで国際的に十分な整合性がとれていないことから、それぞれの検証結果には大きなばらつきがあり、再現性や関連性を確認できない生物試験手法によって、誤った結論に導かれる事例も多く指摘されている。

そのため、高品質で効率的な生物試験の実施を可能にするため、国際的に広く認知されている経済協力開発機構（OECD）の化学物質等に対する標準毒性試験法等を参考にしながら、生体影響評価を行う電波の周波数や強度、時間、波形等の電気工学的評価項目を整理するとともに、その評価対象項目を基に、医工学的に妥当な「電波ばく露に対する標準毒性試験法（標準試験法）」を提案する。

さらに、その標準試験法を、国際的に合意のとれた生物試験手法として、WHO 等で現在検討されている電波に関する総合的な健康リスク評価に反映させることを目指す。

4. 検討課題

以下の課題に取り組み、WHO 等で現在検討されている電波に関する総合的な健康リスク評価に反映させることを目指す。

ア 電波ばく露の「確立されていない作用」の検証のため、OECD における標準毒性試験法や既にバリデートされた方法等を参考にしながら、生物系への電波ばく露の周波数や強度、時間、波形等の評価項目及び適用する生物試験を整理すること。

イ 動物・細胞実験を実施するためのばく露装置等を開発すること。

ウ アで得られた評価項目を基にした生物試験手法の医工学的な妥当性を実験等により検討すること。

5. 到達目標（最終年度末）

ア 「確立されていない作用」を検討するため、医工学的に妥当な標準試験法を提案すること。

イ 開発された方法で検証した結果を、適切な分野の査読のある学術雑誌に投稿すること。

ウ 開発された方法が、電波ばく露に対する標準毒性試験法として国際的合意を得るため、標準化活動を実施すること。