

特集：身の回りに潜む健康リスクと我が国の安全管理への取組

<総説>

電磁環境の健康リスク評価の動向

牛山明

国立保健医療科学院生活環境研究部

Update on health risk assessment of electromagnetic environments

USHIYAMA Akira

Department of Environmental Health, National Institute of Public Health

抄録

我が国においてはデジタルトランスフォーメーションがうたわれているが、その実現においては高速大容量の通信が可能な技術が必要である。その中でも無線電波を使用した通信は重要な基盤といえよう。我が国では2020年に高速かつ大容量の通信が可能な第5世代の通信規格（5G）が導入されて、現在全国に展開されつつある。5G通信は第4世代よりもより高い周波数帯（6GHz帯、28GHz帯）を利用することで通信速度が第4世代より高速化され、その利点により自動車の自動運転技術、遠隔医療（遠隔手術）などの技術も導入される予定であり、私達の生活をさらに豊かにする可能性を秘めている。無線通信をする際には、当然ながら電波を利用することになる。

また電力設備からの超低周波電磁波、テレビ・ラジオ放送による高周波電波も環境中での電磁環境を形成している。近年ではIH調理器の普及や、電気の充電のための無線電力伝送の実用化がみられるがいずれも電波の新しい利用形態である。これらの技術革新は私達の生活環境がますます電波や電磁環境によって溢れることを意味するため、市民の間にはこれらの電波が健康に影響を与えることに対する不安も一定程度存在する。一方で、科学的な根拠に基づき、生活環境中の電波の強さは管理されている実態もある。本稿では電磁環境の健康影響について現在の科学的根拠を整理し、電磁環境の健康に対するリスクを概説する。

キーワード：電磁環境，健康リスク，リスク分析，リスク管理，リスクコミュニケーション

Abstract

In recent years, society has been engaged in the process of implementing a digital transformation. To achieve this social infrastructure, communication using wireless radio waves is an important basis. In Japan, the 5th generation communication standard (5G), which enables high-speed and high-capacity communication, was introduced in 2020 and is currently being deployed nationwide. The speed of 5G communications will be 10 times faster than that of the 4th generation, and it is expected that technologies that could drastically change our lives, such as self-driving technologies for automobiles and telemedicine (remote surgery) will be introduced in the future.

Extremely low frequency electromagnetic fields from electric power facilities, high frequency electro-

連絡先：牛山明
〒351-0197 埼玉県和光市南2-3-6
2-3-6 Minami, Wako, Saitama 351-0197, Japan.
Tel: 048-458-6254
Fax: 048-458-6270
E-mail: ushiyama.a.aa@niph.go.jp
[令和5年7月3日受理]

magnetic fields from TV, and radio transmissions also contribute to the electromagnetic environment. In recent years, induction heating (IH) cookers have become widespread, and wireless power transfer system, which uses electromagnetic fields to transmit electrical energy, has also entered commercial use. Since these technological innovations mean that our living environment will be increasingly flooded with radio waves and electromagnetic fields, there is a certain degree of concern among the public regarding the health effects of these electromagnetic fields. On the other hand, there is also the practical situation that the strength of the electromagnetic fields in our living environment is controlled based on scientific evidence. In this article, the current scientific evidence and the health risks of electromagnetic environments are outlined.

keywords: electromagnetic fields, health risks, risk analysis, risk management, risk communication

(accepted for publication, July 3, 2023)

I. はじめに

本稿をお読みの方は電波、電磁波、電磁環境といった用語にどのような印象をお持ちだろうか。テレビの放送塔やスマートフォンから出るもの、肩こりなどの治療で使うもの、送電線から放出されるものなど、様々な意見があるかもしれない。電磁波と日常生活は密接に関わっていることはだれもが認めるところだと思われる。しかし、その電磁波にばく露されることで健康影響が生じるとしたらどう思われるだろう。その懸念に答えるために、疫学や毒理学分野においては、すでに50年以上の研究が蓄積され、リスク評価も実施されている。それでもなお、市民の間に懸念が消えないのは5G通信、RF (radio frequency) タグ、電磁調理器、無線電力伝送など、かつては利用されていなかったものが技術革新によって次々と生活に導入されていることが背景にある。本稿では、これまでの長きにわたる研究の成果やそれに基づくリスク評価の状況を解説し、漠然とした不安を持たれる方々に対して科学的根拠に基づいた情報を提供したい。

II. 電磁環境理解ための基本情報について

まず、電波や電磁波といった用語に付いて簡単に整理しておく。電波は文字の通り波の性質を持つため、その波の周期によって特性が異なる。波の周期を周波数といい、1秒間あたりの波の数を周波数といい、ヘルツという単位で示される。また1000倍ごとにキロ (K=10³)、メガ (M=10⁶)、ギガ (G=10⁹)、テラ (T=10¹²) となり、kHz, MHz, GHz, THzとなる (図1)。ちなみに可視光線や電離放射線は同じ電波の性質をもつが、周波数が電波よりも更に高い領域となる。そのため、電波は電離放射線の対比として非電離放射線と呼ばれることもある。また、電波が伝わる際に磁界も生じるので電磁波や電磁界と表現されることもある。本稿では電波が存在する空間で人々がどのように影響を受けるのかの解説であるので、電波の存在する生活空間を電磁環境と呼ぶこととする。

前述した通り、私達の周りには様々な周波数の電波が

使用されており、それぞれ生活に役立つものとなっている。周波数で考えると低周波数の50Hzまたは60Hzは電力の送電・配電で使用されるとともに電気機器からも同様の電磁波が発生する。また、中間周波数帯とよばれる周波数帯では、身近な例では電磁調理器 (IH調理器) で使用されており、近年では無線電力伝送技術でも使用されている。メガヘルツ帯は、テレビやラジオといった放送技術はもちろんのこと、業務用無線通信に長く使用されてきた。携帯電話が普及するに従い、800MHz帯から2GHz帯は携帯電話の通信にも使用されてきた。現在普及しつつある5G通信では、6GHz帯および28GHz帯という超高周波が利用されている。

電磁環境の影響については大きく分けて「確立した影響」と「確立していない影響」(注: 英語ではPossible health effectsとかAdverse health effectsと言われるが、日本語では英語の意味を含んだ適切な訳語がない) を考えることができる。確立した影響とは、生体が非常に強い電磁環境にさらされた際に起こる影響である。たとえば、低い周波数では神経が刺激されること (刺激作用)、高い周波数では電波のエネルギーが生体において熱に変換されることで悪影響が起こること (熱作用) が知られている。(電子レンジはその作用を利用したものであるが十分に遮蔽されているため電子レンジの外側ではそのような加熱は起こらない。補足すると、電子レンジで加熱されたものを飲食しても電波ばく露による影響は全くないので安心して食して構わない。) これらの確立した影響については、電磁波の持つ物理的特性と生体との相互作用で起こるため、長年の研究によりばく露の強さと影響の関係が明らかにされている。また現在の電磁環境の規制値はこの確立された作用を根拠に設定されている (後述)。一方で、確立していない影響は、熱作用や刺激作用が起きない弱い強さのばく露が中長期的に続いた際の影響である。これらは主として疫学研究や人を対象とする実験研究、動物実験などで関連性が検討される。細胞実験においてはそのメカニズムが検討される。具体的には、発がんや、生殖系、免疫系への影響などが対象となるが、近年の研究動向について次の項で説明する。

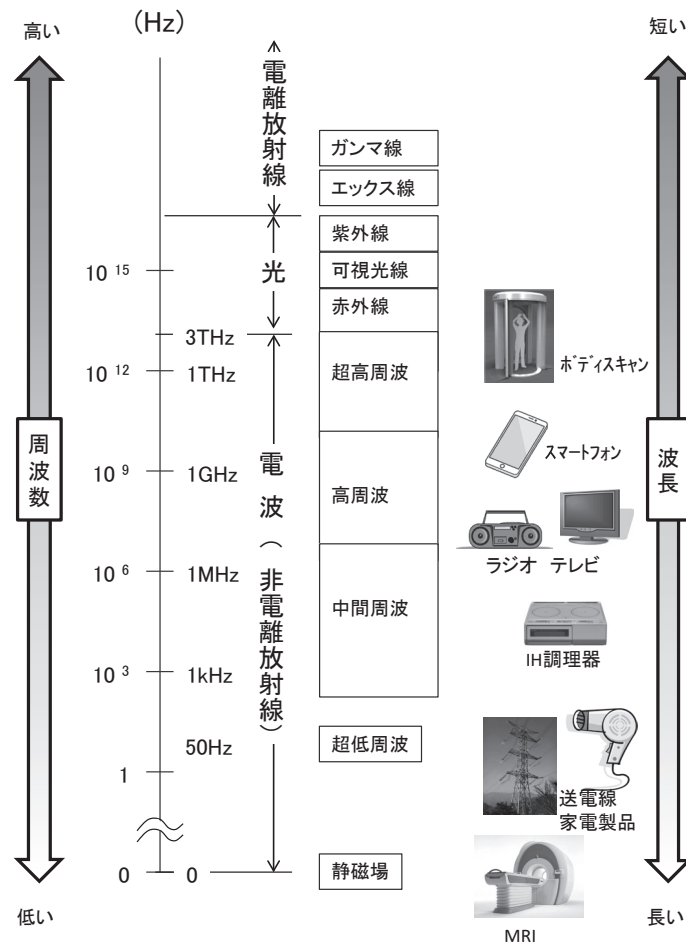


図1 周波数による電磁環境の分類と生活での実用例

III. 電磁環境の健康リスクに関する研究動向

電磁環境の健康影響や生体影響に関する研究は疫学研究と実験研究により数多く行われている。実験研究では、被験者、実験動物、培養細胞を対象とするものに分けられそれぞれの研究手法の強みを生かしたものとなっている。電磁環境の健康影響に関する研究では、対象となる人（動物・細胞）がどの程度の電磁環境にさらされたのか（どの程度のばく露を受けたのか）を定量的に示すことが非常に重要であり、そのことに特化した研究分野（ドシメトリ）も存在する。研究者は数値計算モデルや実測を行い、ばく露量を適切に算出し、健康影響との関連性または因果関係を推定する。しかしながら一部の研究ではこのようなプロセスを経ずに、ばく露量の推測が適切に行われていない研究結果も存在する（そのような研究においては往々にして健康影響があると結論しているものが多い）。現在、電磁環境の健康影響に関する研究成果を解釈する際には、ドシメトリも含めた研究のクオリティ（質）を重視することが必要である。

すべての研究結果を解説することは困難であるので、本稿では動物研究、疫学研究において、近年注目された

研究成果について紹介する。

1. 動物実験の例（米国NTP研究）

携帯電話に関しては、かねてからその電波に発がん性があるのではないか、特に通話では側頭部に端末を接近して使うことから脳腫瘍を引き起こすのではないかと懸念が持たれている。その疑問を明らかにするため、携帯電話からの無線周波電磁界への長期ばく露を想定した大規模動物研究が、米国国家毒性プログラム（National Toxicology Program (NTP)）で実施され、最終報告書が2018年に公表された[1,2]。NTP研究は、米国の化学物質などの毒性評価研究で権威のある研究プログラムである。本研究では、適切な飼育環境で多数の動物（マウスとラット）を用いて、動物の一生にわたって電波のばく露を行った大規模なものである。マウス・ラットの寿命はおおよそ2年間であるため、2年間のばく露による影響は人の一生の影響を想定した研究となっている。

研究では第2世代 [GSM] 及び第3世代 [CDMA] システムの携帯電話で用いられているものと同様の周波数帯で、高いばく露量にさらされた雄ラットにおいて、「がん性の心臓腫瘍を発症することに対して明確な証拠があ

る」,「脳及び副腎での腫瘍の何らかの証拠がある」といった結果が最終報告で報告された。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ばく露と関連しているかどうかの証拠は曖昧である」との結果であった。結論だけを見ると,携帯電話の電波はがんを引き起こす要因になるとも受けとれるため,研究結果が発表された際には,一部のメディアにおいて大きく取り上げられた。しかしその後, NTP研究の結果を詳細に検証するといくつかの批判すべき点があり,複数の公的機関から疑問が呈されている。大きな批判点は,研究で用いている統計手法に限界があること,採用しているばく露レベルが国際非電離放射線防護委員会(International Committee of Non-Ionization Radiation Protection ICNIRP)が定める国際ガイドラインにおける基本制限値を超える強いばく露であり,深部体温の上昇により結果の解釈を困難にしていることなどが挙げられる。また,電波ばく露をした動物群が,ばく露をしていない群よりも平均の寿命が長いということも解釈を困難にしている[3]。

これらの様々な問題点が提示されたため, NTP研究の結果を検証する立場で,現在,日本と韓国が共同でラットを用いたレプリケーション実験(同様の条件を用いた確認研究)が実施されている。日韓両国ともに2年間のばく露実験が終了し,現在,病理検査を含めた結果の精査を行っている段階で,今後の研究発表が待たれるところである。

2. 疫学研究の例 (Mobi kids研究)

携帯電話の使用とがんのリスクに関する多数の疫学調査が報告されており,そのほとんどが頭部のがん(脳腫瘍,聴神経鞘腫など)に着目したものである。これまで行われた大規模の疫学調査としては成人の頭部のがんの症例対照研究であるINTERPHONE研究があるが,全体としては携帯電話の使用によるリスクの上昇は見られないという結果であった(累積通話時間では聴神経鞘腫に若干のリスクの上昇が見られたが,バイアスの可能性も指摘されている)[4,5]。直近では,2021年12月末に世界的に注目されていたMOBI-Kids研究と呼ばれる研究プロジェクトの結果が発表された[6]。この研究は,小児期および思春期(10歳~24歳)の携帯電話使用と脳腫瘍に関する大規模な14か国が参加した症例対照研究である。携帯電話やコードレス電話などのワイヤレス電話を使用する際に発生する電波と超低周波電磁界のばく露が若年者における脳腫瘍のリスクを高めるかどうかを調べるため,日本を含め,オーストラリア,オーストリア,カナダ,フランス,ドイツ,ギリシャ,インド,イスラエル,イタリア,韓国,オランダ,ニュージーランド,スペインが同じ調査方法で参加した。対象者は2010年から2015年の期間に10歳から24歳の脳腫瘍と診断された患者(症例群)899人と対照群1910人であった。参加者と両親から携帯電話の使用履歴について詳細な情報を

提供してもらい,その回答の信頼性についても検討を行っている。症例群と対照群の大多数の参加者は携帯電話使用者で,10年以上の長期間使用者の割合が全体で22%,20~24歳のグループにおいては51%を占めていた。累積通話回数または電波の推定曝露量と神経上皮性脳腫瘍リスクとの関連性はみられなかった。一部の年齢層(15~19歳)では携帯電話の使用が増えると脳腫瘍のリスクが低下する可能性も否めない結果であった。著者らはバイアスの可能性もあると結論している。なお,最近,日本と韓国の症例(118人)と対象者(236人)に限ったサブ解析の結果も発表されたが,通話時間が最も長い群では全脳腫瘍のオッズ比が1.61(95%信頼区間0.72-3.60)であり有意な関連性を認めていない[7]。

IV. リスク評価の動向

電磁環境の安全性の確保においてはガイドラインの国際協調の観点から,国内における動向だけでなく,国外の動向についても注視する必要がある。本節では本稿においては海外の国や公的機関の専門家組織によるリスク評価の動向について解説し,そののちに日本の動向および世界保健機関(WHO)の動向について解説する。

1. 海外の国や組織の動向

海外においては電磁環境の健康に与える影響の懸念から定期的に専門家によって研究論文を俯瞰的に収集しリスク情報や研究の進展について検討が加えられている。

直近ではアメリカ医薬食品局(FDA)[8],フランス国立食品環境労働安全庁(ANSES)[9],オランダ保健評議会[10],スウェーデン放射線安全庁(SSM)[11]およびオーストラリア放射線防護・原子食安全庁(ARPANSA)[12]が研究評価を実施している。

アメリカFDA[8]は公衆衛生の規制当局として高周波電磁界ばく露による腫瘍形成の因果関係に関して,2008年から2018年に発表された動物実験研究(39文献)および疫学研究(69文献)について学術論文を専門家が精査した。その結果,動物実験では明確な証拠は示されていない,疫学研究でも電波のばく露と腫瘍形成の間の定量的関係は認めないと報告している。

フランスANSES[9]が2022年に作成した報告書においては,移動通信で使用されている700MHzから2.1GHzおよび5G通信で利用される3.5GHz帯および26GHz帯を対象を絞った分析をしている。その結果,700MHz~2.1GHzに関しては,これまでと同様ばく露と健康影響に関して因果関係を認めないとしている。一方で5G通信での3.5GHz帯ではいかなる健康影響も関連性がないとしているが,26GHz帯においては結論を導くための研究結果の蓄積が乏しいとしている。

オランダ保健評議会[10]では2020年に専門家によって高周波電磁界とがん,その他の影響(生殖,妊娠,先天異常等)の関係について検討を行ったが,総合評価とし

ていずれの既存研究においても健康影響と電磁界ばく露との関連性は明らかでないと結論している。この報告書において特徴的なのは検討すべき論文を抽出する際に、疫学研究、ヒトボランティア研究、動物実験、細胞実験のそれぞれに除外基準を設けて、一定の研究の質を持った研究論文のみを対象にしている点である。

スウェーデンのSSM[11]においては、毎年、電磁界へのばく露に関連する潜在的な健康リスクに関する研究モニタリングという事業を実施しており、2022年にはその第16版が発刊されている。そのため、SSMのモニタリング文書では、過去1年間に出版された論文について精査をしているが、2020年に発表された論文においても、それまでの見解を覆す評価はなく、電磁界ばく露と健康リスクの間に新たな確立された因果関係は確認されていないという結論であった。本報告書においては、周波数帯を幅広くカバーしており、中間周波数帯においても分析を行っているが、中間周波数帯においては研究報告が少なく、科学的評価は難しいが、基準値以下であれば健康影響がみられないことを示している。

オーストラリアARPANSA[12]は、2021年に「5G通信を想定した6GHz以上の電磁界ばく露の生物学的および健康への影響」と題したレビューを発刊している。彼らは2019年末までの当該周波数帯の動物実験、細胞実験、疫学研究等、148論文を分析し、遺伝毒性、細胞増殖、遺伝子発現影響、細胞内シグナル伝達等への影響に一貫した影響がないとしている。また、発がんや生殖機能、免疫機能といった健康影響に直結したものについても一貫した影響がないとしている。

2. 日本の動向

我が国においては、平成27(2015)年6月に総務省の生体電磁環境に関する検討会が、第一次報告書を発行している[13]。報告書においては、電波の熱作用・刺激作用による健康影響については、これまでの研究で閾値等が明らかになっている一方で、これらの作用には蓄積効果がないことも判明しているため、閾値よりも低レベルの電波に長期間ばく露された場合でも、それらの作用による健康影響はないとしている。

一方、電波防護指針の指針値よりも低レベルの電波による熱作用・刺激作用以外の作用による健康影響(以下「長期的影響」という。)の可能性に関しては、一部の疫学的研究により、腫瘍性疾患への影響の可能性について、限定的な証拠が報告されているが、依然として確かな科学的証拠とは認められず、長期的影響の可能性については確かな科学的証拠は発見されていないものと認識することが妥当であると判断している。なお、影響の存在可能性を示す結果が一部の研究論文で報告されている点については、十分な再現性を確認できていない等の問題点が存在するため、引き続き、適切な手法による検証が必要であると述べている。

また、電気学会では電磁界の健康リスク分析調査専門

委員会により、電気学会技術報告「電磁界の健康リスク分析の動向」としてまとめている。2期目までの報告書が発行されており、1期報告書[14]、2期報告書[15]の双方においてICNIRPガイドライン値以下のばく露環境ではすべての周波数帯においていかなる健康影響も確認されないとしているが、一方で継続した研究も必要であるとしている。現在、同委員会は3期目で最新の研究結果を精査しているところであり、その報告書は2024年に発刊予定とされている。

3. WHOの動向

WHOでは1973年以降、環境汚染物質等に対する科学的根拠に基づく評価を実施しており、それは環境保健基準(EHC)モノグラフとして発刊されている。電磁界(EMF)領域については、高周波電磁界(1993年、EHC137[16])、静的磁界(2006年、EHC232[17])、超低周波(ELF)電磁界(2007年、EHC238[18])の3つのEHCが発刊されている。このうち特に高周波電磁界については発刊から時間が経過していること、2000年代に入って以降、世界中で携帯電話の普及が爆発的に進んだこともあり改訂が検討された。2014年頃には一度EHCの更新のためのドラフトも公表されたところであるが、現在まで発刊はされていない。現在、発刊に向けて、電磁環境の生体影響に関して疾患などのアウトカム毎に計12のシステムティックレビュー作業が進行しており、その結果をもとにEHCの作成が進められている。またこのシステムティックレビューの作業からは独立してEHC編集のためのタスクグループの活動が開始されている。タスクグループは、専門性、ジェンダーおよび地域バランスを考慮した19名の専門家で構成されており、筆者もその1人として参加しているところである。今後、公開可能な情報があれば随時情報発信をする予定である。

V. リスク管理について

電磁環境のリスク管理に関しては、国際的なガイドラインと国内の規制の2つに分類できる。国際的なガイドラインとしては、ICNIRPが定めるガイドラインがあり、このガイドラインをもとに国際的に一定程度の協調が進んでいる。

1. 国際非電離放射線防護委員会(ICNIRP)

ICNIRPの電磁環境に関するガイドラインについては、静磁界(2009年)[19]、低周波(2010年)[20]、無線周波電磁界(2020年)[21]の3つが最新のものである。ガイドライン策定においては、科学的に質の高いとされた論文情報を基礎に議論がされている。このような情報には、前述した各国機関等のリスク評価に関する文書が含まれている。

ガイドラインは定期的に改定されているが、直近では2020年に無線周波電磁界ガイドラインが改定された。

主な改定点は、第5世代移動通信（5G）等の技術的發展を考慮して6GHzを超える無線周波電磁界ばく露に関連したものとなっており、5G技術で用いられる超高周波帯に関して十分な安全を見込んだガイドラインとなっている点の特徴である。

健康への悪影響としては、短期的及び長期的ばく露の両方の影響を考慮することが必要であるが、悪影響は科学的に「実証されている（substantiated）」かどうかを確認することが大切でありICNIRPは「実証されている」健康への悪影響をガイドラインの根拠としていることに注意することが重要である。「実証された」無線周波電磁界ばく露による健康への悪影響は、神経刺激、細胞膜の透過性の変化、温度上昇による影響が考えられている。ICNIRPは2020年の無線周波電磁界ガイドラインで、ばく露制限値を下回るばく露でこれらへの悪影響が生じるという科学的な証拠はなく悪影響が発生する可能性がある相互作用メカニズムは存在しないという結論を示している。ガイドラインの詳細に関心のある方は、原文、またはICNIRPの許諾を得た日本語翻訳版が電磁界情報センターより提供されているのでそちらを参照していただきたい。

2. 省庁による規制

周波数で10kHzから300GHzの範囲の電磁環境においては総務省が「電波防護指針」[22]に基づいて規制を行い、電磁波の健康リスクを最小限に抑えるために重要な役割を果たしている。総務省の電波防護指針は、人々の健康と電磁波利用の両立を図ることを目的とし、公衆の被ばくを適切な水準に制限し、電波環境の適切な管理と維持を促進することを目指している。指針では、周波数の配分や電波出力の制限、電波利用設備の設置基準などが規定され、公衆の被ばくレベルが制限される施策が取られ、公衆の安全を担保している。

また、指針では電磁波の評価と基準にも重点が置かれている。国際的な規制機関や研究機関のガイドラインを参考にしつつ、公衆の被ばくを安全な範囲に抑える基準が設定されており、電磁波による健康への影響を最小限に抑えるものとなっている。

指針では、実際の電波環境を管理するための電波の調査や計測に関するガイドラインも示されており、事業者などにはそれに準じた対応が求められている。しかしながら、総務省の電波防護指針が根拠としている健康リスクは確立した作用についてのみであり、長期的な影響については前述した通り科学的な根拠が定まっていないという点で、考慮されていない。このことは、一部の国民の重視する健康リスクへの懸念を高める一員になっているとも考えられるため、科学的根拠を明確にし、根拠に基づくリスクコミュニケーションを実施することの重要性が高まっている。

また、電力設備や電気製品から生じる50Hz,60Hzの超低周波電磁界については経済産業省が省令「電気設備

に関する技術基準」[23]で規定している。この省令では、人が容易に立ち入る場所の地表1mにおいて3kV/m以下とすることと定められており、人に対する電線の静電誘導による電撃の防止を目的として送電線下における電界強度の許容限界を規定している。

一方、磁界に関しては、人が容易に立ち入る場所において磁界を200 μ T以下とすることが2011年に規定されており、これは、ICNIRPの定める国際ガイドラインに準じた値が採用されている。

VI. リスクコミュニケーション

これまで述べてきた通り、電磁環境による長期の健康影響については、多くの研究が行われてきたにもかかわらず、科学的な根拠として確立されたものはない。しかしながら、市民の間には多くの懸念があることから、リスクコミュニケーションの活動は重要であると言える。現在日本では、省庁レベルでの活動だけでなく、中立的な機関においても実施されている。

1. 環境省による活動

環境省のリスクコミュニケーション活動として、地域住民からの問い合わせに対して回答出来る様に自治体の環境系職員向けの解説書「身のまわりの電磁界について」を作成している[24]。本解説書は2018年（平成30年）に作成されたが5年が経ち、情報の内容も更新が必要なことから2023（令和5）年3月に改訂が行われた。今改訂では、イラストを多く織り込み市民にとって分かりやすく要点をまとめた概要版とさらに詳細に知りたい方向けの本文の2部構成になっており、読者のニーズに応じて対応が可能となったことが大きな特徴である。また、別添として各種規制に関する法令についても抜粋されたものが掲載されており、現場で対応する自治体職員にとってぜひ手元に置いていただきたい内容となっている。本解説書は特に周波数に制限なく静磁界から超高周波まで幅広く対応しているのも特徴である。

なお、環境省ではWHOが2007年に発刊した超低周波の環境保健クライテリアモノグラフの和訳版を掲載し、さらに詳細に情報を得たい方々への情報提供を行っている。

2. 総務省による活動

総務省のリスクコミュニケーション活動として1)電波の安全性に関する資料の作成・配布、2)公開説明会の開催、3)相談対応、4)ホームページによる情報の提供を行っている。1)の資料の作成と配布では、「電波の安全性に関するパンフレット」として4種類（①電波と安心な暮らし〔第5世代移動通信システムの健康への影響についても含む〕、②携帯電話基地局と私たちの暮らし、③携帯電話端末と私たちの暮らし、④各種電波利用機器の電波が植込み型医療機器等へ及ぼす影響を防止するための

指針) のパンフレットを公開している[25]。また、電波防護に関する制度や電波の性質、生体への影響などについて解説した情報を、総務省のホームページ「電波の安全性に関する調査及び評価技術」で紹介している。2) の公開説明会に関しては、平成16年度(2004年度)から、全国に10か所ある総合通信局及び沖縄総合通信事務所が、それぞれ毎年1回～2回、学識経験者を招いて地域住民を対象とした「電波の安全性に関する説明会」を行っている。コロナ禍においては、開催自体が中止になるなど開催回数が減っている状況であるが、一方で、開催後に一定の期間オンデマンドで動画を視聴できるなど、関心のある方が容易に情報に接することができる運営となっている。3) 相談対応については、ナビダイヤルを設けて相談に対応するとともに、全国にある総合通信局でも受付を実施し、国民からの不安に適切に対応している。また4) ホームページによる情報提供では、電波防護指針をはじめとした電波の安全性に関する文書を公開し、容易に情報にアクセスできる体制となっている[25]。

なお、総務省では生体電磁環境研究事業として2019年度(令和元年度)から5か年計画で「電波ばく露レベルモニタリングデータの取得・蓄積・活用」と題する研究プロジェクトを実施している。これは、全国の様々な場所での電磁環境の実態をモニタリングし、その実態データをもとにしたリスクコミュニケーション方法を進化させることを目的としたプロジェクトである[26, 27]。

3. 経済産業省による活動

経済産業省では、1)パンフレットの作成、2)説明会の開催、3)生活環境における実測を実施し、リスクコミュニケーション活動を実施している。1)のパンフレットにおいては、「電磁界と健康」の小冊子を発刊している[28]。毎年改訂を重ねながら令和4年度には改訂第20版となっている。また小冊子の内容はウェブブラウザ用に最適化されて情報公開されている。2)説明会に関しては、1999年から毎年全国数か所において電磁界の健康影響に関する説明会を開催し、上記のパンフレットの内容を専門家が分かりやすく解説するとともに、説明会開催地域における電磁界のモニタリングデータを提供し、理解を深める活動を行っている。3)生活環境における実測については、送配電線や変圧器などの電力設備から発生する磁界の強さを測定し、それらの情報も含めて市民に分かりやすく電磁界の情報を提供している。

4. 電磁界情報センターによる活動

電磁環境の健康リスクに関する科学的根拠に基づく正確な情報を国民に届けるとともに電磁環境の健康リスクに不安や疑問を持つ人々との信頼感に基づくリスクコミュニケーションを構築することを目的に、2008年7月に一般財団法人電気安全環境研究所の中に、「電磁界情報センター(Japan EMF Information Center)が設立された。設立のきっかけは経済産業省「電力設備電磁界対策

ワーキンググループ」の提言によるものであるが、対象周波数を超低周波に限定せずすべての周波数帯を対象に活動している。センターでは、中立的な立場にたった「リスクコミュニケーション」の実践を通じて電磁界の健康影響に関する利害関係者間のリスク認知のギャップを縮小するために、ホームページでの情報提供、講演会の実施、国内外の研究動向の調査、低周波磁界測定器の無料貸出、電話相談業務などを行っている。特に電話相談業務に関しては、2022年度は819件の相談があり、その多くが健康影響に関する相談であった。

VII. まとめ

本稿では、電波または電磁環境の健康リスク評価の動向について概説した。電波の健康リスクに関しては、規制値以下であれば影響があるという科学的根拠は現時点ではないが、研究は進行中であり、今後、展開に変化がある可能性もある。社会全体で合意をとりつつ、必要と考えられる適切な対策をとりながら、電磁環境の健康リスクに対する正確な情報の提供やリスクコミュニケーションが重要である。

電磁環境の健康リスク評価およびリスク認知に関しては、継続的な取り組みと研究の発展が必要な分野である。また、継続的なモニタリングや研究が必要であり、国際的な協調も重要な課題といえる。

これらのアプローチにおいては適切なバランスを保ちながら、科学的な根拠に基づいたリスク評価と対策を行うことが重要であり、公衆衛生の視点に立った安全確保と健康を最優先に考えながら、持続可能なテクノロジーの発展と社会の利益を両立させることが求められている。

引用文献

- [1] NTP TR 595. NTP Technical Report on the toxicology and carcinogenic studies in Hsd: Sprague Dawley SD Rats exposed to whole-body radio frequency radiation at a frequency (900 MHz) and modulations (GSM and CDMA) used by cell phones. November 2018. https://www.niehs.nih.gov/ntp-temp/tr595_508.pdf (accessed 2023-07-01)
- [2] NTP TR 596. NTP Technical Report on the toxicology and carcinogenic studies in B6C3F1/N mie exposed to whole-body radio frequency radiation at a frequency (1,900 MHz) and modulations (GSM and CDMA) used by cell phones. November 2018. https://www.niehs.nih.gov/ntp-temp/tr596_508.pdf (accessed 2023-07-01)
- [3] 総務省. 電波の安全性に係る国際共同調査の実施可能性に関する調査報告書. 平成31年3月. Ministry of Internal Affairs and Communications. [Denpano anzensei ni kakaru kokusai kyodo chosa no jissshi kansen ni kansuru chosa hokokusho.] March 2019. <https://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/e/leitai/sonota/sono->

- ta02.pdf (in Japanese) (accessed 2023-07-01)
- [4] INTERPHONE Study Group. Acoustic neuroma risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *Cancer Epidemiol.* 2011;35(5):453-464. doi: 10.1016/j.canep.2011.05.012.
- [5] INTERPHONE Study Group. Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *Int J Epidemiol.* 2010;39(3):675-694. doi: 10.1093/ije/dyq079.
- [6] Castaño-Vinyals G, Sadetzki S, Vermeulen R, Momoli F, Kundi M, Merletti F, et al. Wireless phone use in childhood and adolescence and neuroepithelial brain tumours: results from the international MOBI-Kids study. *Environ Int.* 2022;160:107069. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.107069>
- [7] Kojimahara N, Lee YH, Lee AK, Bae S, Kwon HJ, Ha M, et al. Impact of radiofrequency exposure from mobile phones on the risk of developing brain tumors in Korean and Japanese adolescents: A MOBI-Kids case-control study. *J Epidemiol.* 2023. <https://doi.org/10.2188/jea.JE20230005> Epub ahead of print.
- [8] US Food, Drug, Administration(FDA). Review of published literature between 2008 and 2018 of relevance to radiofrequency radiation and cancer, 2020. <https://www.fda.gov/media/135043/download> (accessed 2023-07-01)
- [9] French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety (ANSES). Opinion of ANSES on “Population exposure to electromagnetic fields associated with the deployment of 5G communication technology and the related health effects” April 2021. <https://www.anses.fr/en/system/files/AP2019SA0006EN-2.pdf> (accessed 2023-07-01)
- [10] Health Council of the Netherlands. Executive summary 5G and health. <https://www.healthcouncil.nl/binaries/healthcouncil/documenten/advisory-reports/2020/09/02/5g-and-health/Executive-summary-5G-and-health.pdf> (accessed 2023-07-01)
- [11] Swedish Radiation Safety Authority (SSM). Recent research on EMF and health risk, 2021. <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/publikationer/rapporter/stralskydd/2022/202216/> (accessed 2023-07-01)
- [12] Karipidis K, Mate R, Urban D, Tinker R, Wood A. 5G mobile networks and health—a state-of-the-science review of the research into low-level RF fields above 6GHz. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 2021;31:585-605. <https://doi.org/10.1038/s41370-021-00297-6> (accessed 2023-07-01)
- [13] 総務省. 生体電磁環境に関する検討会第一次報告書. 2017. Ministry of Internal Affairs and Communications. [Seitai denji kankyo ni kansuru kentokai dai 1 ji hokokusho.] 2017. https://www.soumu.go.jp/main_content/000366587.pdf (in Japanese)(accessed 2023-07-01)
- [14] 電磁界の健康リスク分析調査専門委員会. 電磁界の健康リスク分析の動向. 電気学会技術報告. 2018;1437:1-59. Investigating R&D Committee for Analysis and Research on Health Risk of Electromagnetic Fields. [Trends in health risk analysis of electromagnetic fields.] IEEJ Technical Reports. 2018;1437:1-59. (in Japanese)
- [15] 電磁界の健康リスク分析調査専門委員会. 電磁界の健康リスク分析の動向. 電気学会技術報告. 2022;1529:1-72. Investigating R&D Committee for Analysis and Research on Health Risk of Electromagnetic Fields. (Second term). [Trends in health risk analysis of electromagnetic fields. IEEJ Technical Reports.] 2022;1529:1-72. (in Japanese)
- [16] Bulman A. Electromagnetic fields (300 Hz to 300 GHz) Environmental Health Criteria, No.137. *Occup Environ Med.* 1994;51(10):720.
- [17] World Health Organization. Static fields. Environmental Health Criteria No.232. Geneva: World Health Organization; 2006.
- [18] World Health Organization. Extremely Low Frequency Fields. Environmental Health Criteria Monograph No.238. Geneva: World Health Organization; 2010.
- [19] ICNIRP. Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields. *Health Phys.* 2009;96(4):504-514.
- [20] ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz). *Health Phys.* 2010;99(6):818-836.
- [21] ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). *Health Phys.* 2020;118(5):483-524.
- [22] 総務省電気通信技術審議会. 諮問第38号答申「人体に対する電波防護指針」. 1990. Ministry of Internal Affairs and Communications. [Safety guidelines for use of radio waves.] 1990. <https://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/material/dwn/guide38.pdf> (in Japanese)(accessed 2023-07-01)
- [23] 通商産業省令第五十二号. 電気設備に関する技術基準を定める省令. 平成9年. Ministry of International Trade and Industry. [Denki setsubi ni kansuru gijyutsu kijun o sadameru shorei.] <https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=409M50000400052> (in Japanese)(accessed 2023-07-01)
- [24] 環境省. 身の回りの電磁界について. 令和5年3月. Ministry of Environment. [Mi no mawari no denjikai ni tsuite.] https://www.env.go.jp/chemi/post_173.html (in Japanese)(accessed 2023-07-01)
- [25] 総務省. 電波利用ホームページ. Ministry of Internal Affairs and Communications. [The

- radio use website.] <https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/ele/index.htm> (in Japanese)(accessed 2023-07-01)
- [26] 大西輝夫. 生活環境における電波暴露レベルの長期モニタリングへの取組. 電波技術協会報FORN. 2022;347:14-17.
Onishi T. [Seikatsu kankyo ni okeru dempa bakuro revel no choki monitoring e no torikumi.] FORN. 2022;347:14-17. (in Japanese)
- [27] Onishi T, Esaki K, Tobita K, Ikuyo M, Taki M, Watanabe S. Large-area monitoring of radiofrequency electromagnetic field exposure levels from mobile phone base stations and broadcast transmission towers by car-mounted measurements around Tokyo. *Electronics*. 2023;12(8):1835. <https://doi.org/10.3390/electronics12081835>
- [28] 経済産業省. 電磁界と健康(改訂第19版). 令和4年度. Ministry of Economy, Trade and Industry. [Denjikai to kenko.] 19th edition. 2022. https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/detail/e_health/index.html (in Japanese)(accessed 2023-07-01)