

## 特集：電磁環境と公衆衛生

## ＜総説＞

## WHO国際電磁界プロジェクトの動向

大久保千代次

一般財団法人電気安全環境研究所電磁界情報センター

## The WHO International EMF Project

Chiyoji OHKUBO

Japan EMF Information Center, Japan Electrical Safety and Environment Technology Laboratories

## 抄録

日本人を含め世界中の人々が、電波利用の恩恵を受けており、電波の恩恵を受けずに現代生活を営むことは無理である。しかし、恩恵を受けながらも、電磁界の健康影響を懸念する人々がいるのも事実である。電磁界ばく露と生体との相互作用は、周波数が100 kHz以上の電波領域では熱作用が主となる。電波ばく露防護の国際的なガイドラインを作成している国際非電離放射線防護委員会は、熱作用を基に低減係数（安全係数）考慮した上でばく露の制限値を設定している。したがって、ガイドライン値以下のばく露環境では国民は十分に防護されていると言える。しかし、国際的ガイドラインの制限値を大幅に下回るばく露レベルでも健康影響をもたらすとの学術論文も発表されている。その科学的信憑性はともあれ、論文内容がメディア等を介して不正確に国民に情報伝達されるため、国民に漠然とした不安を抱かせる要因のひとつとなっている。その上、電波の存在やその強弱を感覚器で感知するのは困難であり、得体の知れない存在でもある。この傾向は世界各国共通であり、日本固有の問題ではない。WHOは電磁界ばく露の健康リスク評価を目的として、1996年に国際電磁界プロジェクトを発足させ現在も継続中である。健康リスク評価対象となる周波数は0-300 GHzで、広範囲に亘る。健康リスク評価の結果は、環境保健クライテリアとして2006年に静電磁界、2007年に100 kHzまでの超低周波電磁界を対象として順次出版されてきた。本稿では、電磁界と生体の相互作用、WHO国際電磁界プロジェクト概要と現在実施中の100 kHz以上300 GHzまでの無線周波電磁界（電波）の健康リスク評価と環境保健クライテリア作成の進捗状況を紹介する。

キーワード：WHO国際電磁界プロジェクト、健康リスク評価、無線周波電磁界

## Abstract

Recent years have seen an unprecedented increase in the number and diversity of sources of electromagnetic fields (EMF) used for individual, industrial and commercial purposes. These technologies have made our life richer and easier. All populations are now exposed to varying degrees of EMF, and the levels will continue to increase as technology advances. Modern society is inconceivable without computers, mobile phones, television and radio. At the same time; however, these technologies have brought with them concerns about possible health risks associated with their use, worldwide. As part of its charter to protect public health and in response to public concern, the World Health

連絡先：大久保千代次

〒105-0014 東京都港区芝2-9-11

2-9-11, shiba, Minato-ku, Tokyo, 105-0014, Japan.

Tel: 03-5444-2633

Fax: 03-5444-2632

E-mail: ohkubo@jeic-emf.jp

[平成27年12月25日受理]

Organization (WHO) established the International EMF Project in 1996 to assess the scientific evidence of possible health effects of EMF. The International EMF Project brings together current knowledge and available resources of key international and national agencies and scientific institutions, to arrive at scientifically-sound recommendations for health risk assessments of exposure to static and time varying electromagnetic fields in the frequency range of 0-300 GHz. The author offers a thorough account of the current WHO health risk assessment of radio-frequency EMF.

**keywords:** the WHO International EMF Project, health risk assessment, radiofrequency electromagnetic fields

(accepted for publication, 25th December 2015)

## I. はじめに

電波（無線周波電磁界）は現代生活には最も不可欠なインフラストラクチャーの一つとなっている。インターネット、携帯電話やスマートフォン、GPS等々、電波の利用が我々の生活向上に非常に大きく貢献しており、インターネットは20世紀末最大の技術革命の一つと位置づけられよう。今後も無線通信の技術革新著しい情報通信分野への期待は大きく、電波の利用はこれからも益々増大の一途を辿るに違いない。

日本をはじめ、全世界で電磁界（electromagnetic fields; EMF, 以下EMF）のばく露を受けない人はいない。例えば2020年までに全世界で携帯電話契約数は90億、移動ブロードバンド契約数が80億、接続端末機器が800億と予想されている。

一方、電波の恩恵を受けながらも、電波の健康影響について漠然として懸念を有する人々が少なくないのも事実である。人々の懸念は、電波だけではなく、リニア新幹線などを発生源とする静磁界、電力設備や家電製品を発生源とする50/60 Hzの商用周波電磁界を含む超低周波電磁界やIH調理器や炊飯器を発生源とする20 kHz～90 kHzの中間周波電磁界にも及んでいる。携帯電話等で使用されている電波（無線周波電磁界）の周波数は1 GHz前後であり、懸念対象のEMFの周波数帯は広範囲に及ぶ。

EMFばく露と生体との相互作用は、周波数が100 kHz以上の領域では熱作用が主となるのが科学的に証明されており、それ以外の作用の存在は確立されていない。電波ばく露防護の国際的なガイドラインを作成している国際非電離放射線防護委員会（International Committee on Non-Ionizing Radiation Protection; ICNIRP, 以下ICNIRP）[1]は、熱作用を根拠に低減係数（安全係数）を設けた上でEMFばく露の制限値を設定している。したがって、ガイドライン値以下のばく露環境では国民は十分に防護されていると言える。我が国でもICNIRPの電波ばく露の防護ガイドラインと同等の電波防護 [2] を定め、国民を防護している（その詳細は、本特集の「7.我が国の電波防護指針の解説」に譲る）。

しかし、国際的ガイドラインの制限値を大幅に下回るばく露レベルでも健康影響をもたらすとの学術論文も発

表されている。その科学的信憑性はともあれ、論文内容がメディア等を介して不正確に国民に情報伝達されるため、多くの国民に漠然とした不安を抱かせる要因ともなっている。その上、電波の存在やその強弱を感覚器で感知するのは困難であり、得体の知れない存在でもある。この傾向は世界各国共通であり、日本固有の問題ではない。WHOは過去にもEMFばく露の健康リスク評価を行って来たが、1996年に国際電磁界プロジェクト（WHO International EMF Project, 以下EMFプロジェクト）[3]を発足させ現在も継続中である。

WHOの健康リスク評価対象となる周波数は0-300 GHzで、広範囲に亘る。健康リスク評価の結果は、環境保健クライテリア（Environmental Health Criteria; EHC, 以下EHC）として2006年に静電磁界（Static Fields EHC 232）[4]、2007年に100 kHz（超低周波電磁界周波数は300 Hzまでと定義されているが、生体との相互作用（後述）から100 kHzまでは刺激作用が主となるため、EHCでは100 kHzまで取り扱っている）までの超低周波電磁界（Extremely Low Frequency EHC 238; 以下ELF-EHC 238）[5]が順次出版されてきた。その詳細は、2007年の保健医療科学56巻4号の特集「電磁界と健康」[6]に記載されている。本稿では、EMFと生体の相互作用、EMFプロジェクトの概要と今後行われる100 kHz以上300 GHzまでの無線周波電磁界の健康リスク評価と環境保健クライテリア（Radiofrequency EHC; 以下RF-EHC）作成の進捗状況を紹介する。

## II. 電磁界と生体の相互作用

EMFの健康影響を述べる前に、EMFとは何か、生体との関わりを概要する。自然界でも電界と磁界の振動で構成される電磁波とよばれる電磁エネルギーが存在している。そして、電界と磁界は別々に、植物、動物、ヒトなどの生体に相互作用を示す。この相互作用をより良く理解するためには、EMFスペクトルを構成する波の物理的特性を知ることが必要である。電磁波は波長、周波数およびエネルギーによって特徴づけられている。この3つの要因は相互に関連をもっているため、それぞれの要因が生体系に影響を与えることになる。

EMFの周波数が高ければ高い程、波長は短くなる。

例えば、家庭で使用する商用周波は50あるいは60 Hzで、その波長は6,000 kmあるいは5,000 kmである。ラジオのAM放送帯の中心周波数は1 MHzで、その波長は約300 mである。携帯電話では周波数は1 GHz前後で、波長は約30 cm、電子レンジは2.45 GHzで、その波長は12 cmである。電磁波は大変小さな光子と呼ばれるエネルギーの束から成り立っている。それぞれの光子のエネルギーは直接的に波の周波数に比例し、周波数が高ければ高い程、個々の光子のエネルギー総量は大きくなるが、電磁波が生体系にどの程度影響を与えるかは、電磁波の強さと光子のエネルギー量によって決まる。

周波数の低い電磁波はEMF、周波数が非常に高い電磁波は電磁放射線と呼んでいる。電磁波はその周波数とエネルギーによって非電離放射線と電離放射線に分けられる。電離放射線は、X線や $\gamma$ 線などの極めて高い周波数の電磁波で、細胞を構成する分子の原子結合を破壊することによって電離作用（プラスやマイナスに荷電された原子や分子を生成すること）を惹起させるのに十分な光子エネルギーを持っている。非電離放射線は、光子エネルギーが原子結合を破壊するには至らない程の電磁スペクトルの部分と表現できる。非電離放射線は周波数の高い順には、紫外線の一部、可視光線、赤外線に至り、それより低い周波数領域には、ラジオ波やマイクロ波などの無線周波電磁界（radiofrequency electromagnetic fields; 以下RF-EMF, 10 MHz ~ 300 GHz）、中間周波電磁界（intermediate frequency electromagnetic fields; 以下IF-EMF, 300 Hz ~ 10 MHz）、超低周波電磁界（extremely low frequency electromagnetic fields; 以下ELF-EMF, 300 Hz以下の変動電磁界）の順となっている。そして時間的に振動しない静的（定常）電磁界（Static EMF; SMF, 0 Hz）が含まれる。非電離放射線に属するEMFには電離作用を持たないので、生体への蓄積作用はない。電離放射線との相違である。しかし、EMFは、ばく露条件によっては健康影響に結びつくような、生物学的影響をもつ。ここで言う生物学的影響とは、生理学的に適應できる生体反応を生じさせることを指す。健康影響とは、その生物学的影響が身体の正常な調節能力を越える、病態生理学的反応を引き起こす場合を指す。例えば冬場の日光浴で体が温まるのは生物学的影響であり、海水浴での日焼けは場合によっては生物学的影響を超えて水泡や疼痛を伴って健康影響をもたらす。

静磁界による生体系への主作用は、電流や電荷を誘導することにある。非常に強い静磁界は血流または正常な神経刺激に変化を与えるが、この様な強い静磁界に日常生活では遭遇することはない。医療現場ではMRIで使用される非常に強力な静磁界ばく露環境で身体を急に移動する場合には、電磁誘導によって目眩などを招く可能性がある。静電界は、人体内部に電界が貫通することはないが、皮膚の体毛が動くことによってその存在を感知できるが、非常に強力な静電界による放電を除いて、健康影響はないと考えられる。静磁界は、人体の内部を強さ

を変えることなく貫通する。

100 kHz までの低周波電磁界ばく露の生体への主作用は、誘導電流による神経への刺激作用、つまり、体内へ電流や電荷を誘導されて神経や筋を刺激する。最も敏感な刺激作用として網膜で磁気閃光現象が生じる。この現象は、一般環境のばく露レベルを遥かに超える実験的環境で確認できる。超低周波電界は、電荷（電圧）があればそこにいつでも存在するが、人体内部に電界が貫通することはほとんどない。一方、超低周波磁界は、電流によって発生するが、静磁界同様ほとんど減衰することなく人体を貫通する。

電界の強度は電圧に依存し、磁界の強度は電流に依存する。電力線の電圧はほぼ一定しているので、電力線近傍の電界強度はほぼ一定しているが、磁界は電力線内を流れる電流量に依存する。電流量は電力消費量により生活や産業活動に伴って日内変動し、季節変動もある。よって、居住環境中の磁界強度は一定せず、磁界ばく露の健康影響を追究する疫学研究で磁界ばく露量評価を複雑にする所以である。なお、電界強度はV/m、磁界強度はA/mで表現するが、一般的に磁界強度として、磁束密度（単位面積当たりを通過する磁力線の線）を用いる。その単位はテスラ（Tesla）である。

100 kHz 以上の高周波電磁界と生体系への主作用は、熱作用である。ヒトの体重の6割は体液と細胞内液で、水などの極性が高い分子が多く含まれるので、大きな誘電率をもっている。高周波電磁界に生体がばく露されると高周波の電流が流れて、これらの生体内分子が振動・回転して高周波のエネルギーが運動エネルギーに変えられ、さらに分子と分子の摩擦によって組織に熱を発生させている。これを誘電体発熱とよんでいる。一方、生体組織が高周波電流に対する抵抗体となり発熱する。これを抵抗体発熱とよんでいる。周波数が高いと前者が、周波数が低いと後者が支配的となる。非常に低レベルの無線周波電磁界ばく露でも理論的にはそれに見合った微量の熱を発生するが、当人も気付かないうちに、生理的な温熱調節機構で運搬・消去される。

無線周波電磁界の強さは、電界強度（V/m）、磁界強度（A/m）または、1 m<sup>2</sup>の空間を通過する電波の電力を表す電力密度で、その単位はW/m<sup>2</sup>である。なお、体内での熱発生の指標として、比吸収率（Specific Absorption Rate: SAR [W/kg]）が用いられている。SARは、単位時間（6分平均）に単位質量（体重1kg）の組織に吸収されるエネルギー量（W）である。これを全身にわたり平均したものを「全身平均SAR」、人体局所の任意の組織10gにわたり平均したものを「局所SAR」とよんでいる（その詳細は、本特集の「7.我が国の電波防護指針の解説」に譲る）。

ICNIRPは、上述した生体とEMFとの相互作用に基づき、EMFの人体ばく露が健康障害をもたらさないように、国際的なEMFばく露防護ガイドラインを設定している。RF-EMFに対するガイドラインは、100 kHzまでは、

神経系機能への影響を防護するために誘導電界を制限し、100 kHzから10 GHzまでは、全身的熱ストレスと局所的な加熱を防護するためにSARを指標にばく露制限を設定し、それ以上の周波数（300 GHzまで）は、体表面とその近傍組織の過剰加熱を防護するために電力密度を制限している。

なお、ICNIRPはEMFプロジェクトが行うリスク評価結果（EHCの発刊）を受けて、現行のガイドライン [7] を順次見直すことになっている。Static Fields EHC 232 [4] が2006年に発刊されたのを受けて、2009年に直流電磁界のガイドライン [8] を、2007年にはELF-EHC 238 [5] が発刊されたのを受けて、2010年に100 kHzまでのEMFばく露防護ガイドライン [9] を改定した。現在、WHOによる100 kHz以上のRF-EMFのリスク評価とRF-EHC発刊の進捗状況を視野に入れながら、高周波領域のガイドラインの改定作業を進めている。

### III. WHO国際電磁界電磁界プロジェクトと無線周波電磁界のリスク評価

1996年に発足したEMFプロジェクト [3] は今年で足掛け20年目を迎えた。著者は、EMFプロジェクト発足当初から国際諮問委員会の日本政府代表としてこれに参加すると共に、国立保健医療科学院定年退職後に2005年4月から2年間ジュネーブでEMFプロジェクト事務局サイエンティストとして勤務した。その間に、Static Fields EHC 232 [4] とELF-EHC 238 [5] 発刊に関与したが、ELF-EHCの詳細は「保健医療科学」56巻4号の特集「電磁界と健康」[6] に記載してある。以下にEMFプロジェクトの概要とRF-EHC作成の進捗状況を紹介する。

#### 1. 概観

EMFプロジェクトは、0-300 GHzの周波数範囲の静的および時間変動する電界および磁界へのばく露について、科学的に適切な健康リスク評価を行うために、国際機関や各国の関係当局・研究機関が有する知見や知的財産を統合している。

本プロジェクトの目的は以下のことに定められている。

- ・EMFばく露の生物学的影響に関する科学文献をレビューする。
- ・健康リスク評価に必要な知識の欠落部を同定する。
- ・高品質のEMF研究を行うための研究アジェンダを作成し、これを奨励する。
- ・EMFばく露の健康リスクについて正式な評価を行う。
- ・国際的に受け入れ可能な、ハーモナイズされた安全基準を奨励する。
- ・リスク認知、リスクコミュニケーション、リスク管理に関する情報を提供する。
- ・EMF問題に対処する政策について、各国および非政府組織へ助言を行う。

#### (1) 参加国

EMFプロジェクトは、全てのWHO加盟国の政府（例えば厚生労働省）、ならびに放射線防護に携わる各国機関が参加可能で、開始以来、50以上の各国機関が関与している。国によっては、日本でいえば厚生労働省だけではなく、経済産業省、総務省、環境省、国土交通省などの代表も参加している。

EMFプロジェクトの監視は国際諮問委員会（International Advisory Committee, IAC, 以下IAC）が行う。IACは、国際機関、WHO協力センター、非政府組織（NGO）、各国の政府代表で構成されている。IACは、毎年5-6月に開催され、電磁界問題に関する各国の活動や研究プロジェクト、法律制定や国民の懸念について紹介・議論する会議で、EMFプロジェクトの活動への助言も行っている。

IACは、EMFプロジェクトの運営を監視すると共に、公衆衛生および労働衛生に関する科学情報や、EMFのリスク管理・リスクコミュニケーションに関する成果物をレビューしたり、EMFばく露に伴う健康懸念に関するフォーラムを開催している。

#### (2) 協力関係

EMFプロジェクトは、国際機関、WHO協力センター、非政府組織（NGO）などと協力関係を保持し、時には、会議を共催する組織や専門家とも協力している。

##### 1) 国際組織

下記の国際機関がEMFプロジェクトに関与している。

**国際がん研究機関**（International Agency for Research on Cancer; IARC WHOの専門機関、本拠地はリヨン、以下IARC）は、ヒトのがんの原因、発がんメカニズムに関する研究を行い、がん対策戦略を進展させることにある。発がん性に関する科学的な証拠の強さから、各種化学物質や物理的要因の発がん性を同定し、IARCモノグラフを作成している。2014年にIARCは世界がん報告書第3版 [10] を出版しており、この報告書は、がんの傾向、原因、予防を含めた、全世界的ながんの展望図を提供しており、2.8章に「がんの原因と放射線（電離放射線、紫外線、EMF）」に関する記述がある。

IARCの2部門（環境と放射線部門とモノグラフ部門）が、EMFプロジェクトに協力している。環境と放射線部門長のDr Schüzは、RF-EHCモノグラフ作成の運営グループメンバーである。モノグラフ部門では、2002年にIARCモノグラフ第80巻「非電離放射線、第1部：静的および超低周波電界磁界」[11] を、2013年にIARCモノグラフ第102巻「非電離放射線、第2部：無線周波電磁界」[12] を公表している。

**国際労働機関**（International Labour Organization; ILO）（国連機関、本部はジュネーブ、以下ILO）は、電離放射線、非電離放射線への職業ばく露の分野でWHOと密接に連携している。「労働および環境の安全と健康（Safe Work）」プログラムのDr Niuは、RF-EHCの共同出版に協力している。ILOは、RF-EHCモノグラフの作成に関

する運営グループ会議にも参画している。

**国際電気通信連合** (International Telecommunication Union; ITU, 以下ITU) (国連機関, 本部はジュネーブ) は, 情報通信技術ならびに通信網と通信サービスに関連する政府および民間セクターで構成されている。電気通信標準化セクター (ITU-T), 無線通信セクター (ITU-R), 電気通信開発 (ITU-D) の3つのセクターがEMFプロジェクトに関わっている。

**欧州委員会** (European Commission) のいくつかの総局 (DG: Directorate Generals) と協力している。EMF職業ばく露に関係する活動に関しては, 「雇用, 社会問題と機会均等」総局 (DG Employment; (本拠地ルクセンブルグ) と, その他「保健衛生・食の安全」総局 (DG SANTE; 本拠地ブリュッセル) や「研究と技術革新」総局 (DG Research; 本拠地ブリュッセル) とは, EMF関連活動に協力している。

## 2) WHO協力センター

WHOの協力センターは, 各種のWHOが行うプログラムの支援や活動を行う国際協力ネットワークを構成することを目的として, WHO事務総長が指定する機関である。指定は, WHO内部の正式手続きにしたがって行われ, 任期4年 (延長可能) で毎年活動報告が求められている。因みに, 国立保健医療科学院では, 「地域への上水道の整備に関する協力センター」 (生活環境研究部水管理研究分野), 「医療施設計画協力センター」 (国際協力研究部), 「たばこ製品の成分規制に関する研究協力センター」 (生活環境研究部衛生環境管理研究領域), 「国際統計分類協力センター」 (研究情報支援研究センター), 「レファレンスライブラリー」 (総務部総務課図書館サービス室) が指定されている。

EMFプロジェクトでは, 現在, スイス連邦保健省 (Federal Office of Public Health; FOPH, 以下FOPH, スイス), オーストラリア放射線防護原子力安全庁 (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency; ARPANSA, 以下ARPANSA, オーストラリア), 放射線防護庁 (Bundesamt für Strahlenschutz; BfS, 以下BfS, ドイツ), イングランド公衆衛生サービス (Public Health England; PHE, 以下PHE, 英国), 食品環境労働衛生安全庁 (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de L'alimentation, de L'environnement et du Travail; ANSES, 以下ANSES, フランス) が協力センターとして指定されている。

## 3) 非政府組織

**国際非電離放射線防護委員会** (ICNIRP) は, WHOと正式な関係にあるNGOで, 最も緊密な協力関係にある。ICNIRPとWHOは, RF-EHCモノグラフ発刊とICNIRPの100 kHz以上のRF-EMFガイドラインの作成の時期のすり合わせており, 2014年からは, ICNIRPのガイドラインの作成プロセスでICNIRPが採用している手法やアプローチがWHOのガイドライン基準と合致するかどうかを検討している。

## (3) 事務局

電離および非電離放射線に関する活動を担う放射線プログラム内で運営されている。このプログラムは, WHOジュネーブ本部の「健康の公衆衛生, 環境および社会的決定因子 (PHE)」部門に割り当てられている。その責任者は永らくDr. Repacholiであったが, 既に定年退職し, 現在はDr. van Deventerとなっている。著者が辞して後は, 世界各国からの資金提供が減少し, 欠員の補充はない。現在は非常勤のセコンドメントとしてオランダ保健評議会 (Health Council of the Netherlands; HCN, 以下HCN) のDr. van Rongenが参加している。事務局の運営費はWHOの一般会計からは支払われていないため, 各国政府からのEMFプロジェクトへの寄付によって賄われている。現在の資金提供は, ARPANSA, イスラエル環境省, ニューゼaland厚生省, スウェーデン放射線防護局 (Swedish Radiation Protection Authority; SSM), FOPH, 英国保健安全執行部 (Health Safety Executive; HSE), 人的貢献としてHCN, ニューゼaland厚生省, ギリシャ原子力委員会 (Greek Atomic Energy Commission; GAEC) から行われている。

## 2. リスク評価

EMFプロジェクトの第一の目標は, EMFの健康リスクを評価すること, およびEMFばく露から人々を防護するための政策オプションを開発することにある。EMFプロジェクトの目標を以下に示す。

- ・科学文献を評価して, 健康影響の状況報告を行う。
- ・健康リスク評価に必要な知識の欠落部を同定する。
- ・高品質のEMF研究を行うための研究アジェンダを作成し奨励する。
- ・EMFばく露の正式な健康リスク評価を行い, EHCモノグラフを発行する。

### (1) 研究評価

環境保健クライテリア (EHC)

WHOがこれまでに実施した化学, 生物, 物理的要因に関する数多くの健康リスク評価は, EHCシリーズ (<http://www.who.int/ipcs/publications/ehc/en/> accessed 2015-12-21) として出版されている。WHOは, 過去に3つのモノグラフ, 超低周波電磁界 (ELF-EHC 35, 1984) [13], 静電およびELF磁界 (MF-EHC 69, 1987) [14], 無線周波電磁界 (EMF-EHC 137, 1993) [15] を発刊している。

EHCモノグラフの改訂は, 通常, 評価結果が本質的に変わるような新しい研究データが得られた場合, ある因子へのばく露が増大したために健康あるいは環境影響を公衆が懸念する場合, 前回の評価からかなりの時間が経過した場合には行われている。EMFプロジェクトでは周波数範囲0-300 GHzをカバーする3つのモノグラフ, 静電磁界 (0 Hz), 超低周波電磁界 (100 kHzまで), 無線周波電磁界 (100 kHz - 300 GHz) の新たな作成が計画され, 既に, 2006年にStatic Fields EHC [4], 2007年にELF-EHC [5] のEHCモノグラフを作成した。これらは,

IARCモノグラフ「非電離放射線パート1：静的およびELF電磁界」(2002) [11] の出版を受けて、作成されている。

IARCモノグラフは、がんに関するハザード同定を提供し、WHOのEHCモノグラフは、がん以外のすべての健康影響を考慮してリスク評価を行っている。リスク評価は確立された4つのステップ：(i) ハザードの同定、(ii) ばく露評価、(iii) 量-反応関係の評価、(iv) リスクの特徴記述、が含まれる。その詳細は、「保健医療科学」56巻4号の特集「電磁界と健康」[6]に記載してある。

#### 無線周波電磁界の環境保健クライテリア (RF-EHC)

RF-EMFのリスク評価は、携帯電話使用と頭部・頸部の腫瘍に関する国際共同疫学研究であるインターホン研究の公表(2010年5月) [16] およびIARCのRF-EMFの発がん分類の公表(2011年5月) [17] を受けて、2012年1月のキックオフ会議を開始。物理学とドシメトリ、相互作用メカニズム、細胞研究、動物研究、ヒト実験室研究、疫学、公衆衛生の専門家で構成されるコアグループがWHOに招聘された。

メンバーはMaria Feychting (疫学)、Simon Mann (物理学とドシメトリ)、Gunnhild Oftedal (ヒト実験室研究)、Eric van Rongen (動物研究)、Maria Rosaria Scarfi (細胞研究)、Denis Zmirou-Navier (公衆衛生政策) と Richard Saunders (アドバイザー)、Emilie van Deventer (WHO) が加わっている。コアグループ以外に15名前後の専門家に協力を依頼している。コアグループがタスク会議に提出するRF-EHCの原案を作成する。メンバーはそのためのワーキンググループを組織している。数ある論文からリスク評価に使用される論文抽出方法についても、中立性・客観性を担保するための改良を行っている。これまで最初のRF-EHCの大枠を2012年1月作成、その後ドラフトをWHOのホームページで2014年10月に公表したが、これに対して全体で686コメントが寄せられた。その中では約300報の論文がドラフトの中で引用されていないとの指摘され、全てのコメントについてコアグループで検討を行った。2015年1月のコアグループ会議では、新しい章として5章(生物化学・生物物理的メカニズム)を創出、4章から12章までのインピトロの該当部分をこれに集約することとした。RF-EHCのリスク評価のタスク会議は2016年春に行う予定となっている。リスク評価の判断材料としては、タスク会議までに入手できる論文までを対象としている。所謂「灰色」論文に対する対応はリスク評価の材料から排除、メタ分析論文も論文の著者の判断基準とWHOの判断基準が異なるのでリスク評価の判断材料としていない。2015年の第19回EMFプロジェクトIACでの報告では2016年末までにRF-EHCモノグラフ発行予定となっている。

参考であるが、RF-EHCの章立ては、第1-4章まではこれまでのEHCとほぼ同じで、第1章「要約および更なる研究のための勧告」、第2章「発生源、測定およびばく露」、第3章「体内の電界と磁界、SARと熱」、第

4章「生物物理的メカニズム、組織加熱」、第5章「生化学的・生理的影響」となり、第6章から第13章までは疾患毎の章立てとして、第6章「脳生理学と機能」、第7章「聴覚、前庭機能、視覚」、第8章「神経内分泌系」、第9章「神経変性疾患」、第10章「心臓血管系と温熱調節」、第11章「免疫系と血液学」、第12章「生殖能、発育」、第13章「がん」、第14章は「健康リスク評価」で構成されている。14章までが科学的証拠に基づく論述となるが、第15章は「政策対策」であり、その内容は社会科学的な内容も含まれる。

リスク評価で最も注目されるのは、携帯電話使用により脳腫瘍が惹起されるかどうかである。2011年にIARCのタスク会議は、無線周波電磁界の発がん性ハザードをPossibly Carcinogenic to Humans (2B) と評価し、2013年にIARCモノグラフ102巻として発刊した [12]。その根拠は、携帯電話使用と脳腫瘍に関連する疫学研究に限定的証拠があり、且つ動物実験でも限定的な証拠がある判断している。WHOはIARCの発がん性ハザード2Bに対して、どの様なリスク評価をするか注目されている。その際にRF-EMFばく露と脳腫瘍発生との因果関係を評価する手法として、Hillのクライテリア(判断基準) [18] が用いられる。Hillのクライテリアは疫学研究で示された関連を因果関係(要因Aが原因で疾患Bが発症する)と推定することの当否を判断するための基準である。元々は、Hillが1965年に喫煙と肺がんとの関係を評価したこと由来するが、現在では、さまざまな疫学研究における関連性の評価に利用されている。Hillの提案した9項目は以下の通りである。

**関連の強固性：**要因Aにばく露された群の疾患Bの発症率(罹患率)が、非ばく露群に比べてどの程度高いかを判断する。なお罹患率の指標は、コホート研究では相対危険度、症例対照研究ではオッズ比が用いられる。

**関連の時間性：**要因Aへのばく露があって、その後疾患Bが発生しているかを判断する。疾患発生の因果関係では当然の基準といえる。

**関連の一貫性：**要因Aと疾患Bとの同じ関連が異なった地域、集団、時間でも一貫して得られているかを判断する。

**生物学的説得性：**要因Aが疾患Bを招くという説得性のある形態学的、機能的な説明ができるかを判断する。動物研究や細胞研究の結果が判断を左右する。

**現時点の知識との整合性：**発見された要因Aと疾患Bの関連性は現在一般的に認められている疾患史や経過と矛盾しないかを判断する。

**量・反応関係：**関連の強固性を補強するもので、疾患Bの罹患率の大きさが要因Aのばく露量(期間、強さ、量)によって変化するかを判断する。

**類似性：**要因Aと疾患Bの関連性に、既に認められている因果関係でよく似たものがあるかを判断する。

**実験的証拠：**要因Aと疾患Bの関連について実験でえられた証拠があるかを判断する。

上に挙げた8項目の他に、「関連の特異性」、すなわち一つの原因は一つの影響だけをもたらす、というものがあるが、このような特異的関連が認められれば因果関係と推定しやすいことは確かであるが、現実には一つの要因はいくつもの影響をもたらす、このような特異性はほとんどあり得ない。また関連が特異的でないからといって因果関係でないという理由にはなり得ない。したがって、現在では、「特異性」の項目は重要視されていない。

以上、WHOのタスク会議では、携帯電話使用(要因A)と脳腫瘍(疾患B)について、8項目それぞれ判断することになるが、本稿では深入りを避ける。Hillの判断基準についての詳細は「保健医療科学」56巻4号の特集「電磁界と健康」[6]を参照されたい。

## (2) 研究調整

世界的視野に立って、研究の不必要な重複を避けるため、さらには全ての重要な研究が実施出来るために研究調整を行っている。その検討結果を研究アジェンダとして公表している。

### 研究アジェンダ

EMFプロジェクトは、その開始当初から、健康リスク評価に必要な研究であるものの未だ実施されていない項目を洗い出して、重点的な研究アジェンダを作成している(<http://www.who.int/peh-emf/research/agenda/en/index.html> (accessed 2015-12-21))。2010年に公表のRF-EMFに関する研究アジェンダは、[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44396/1/9789241599948\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44396/1/9789241599948_eng.pdf)から入手出来る (accessed 2015-12-21)。

## 3. リスク管理

EMFプロジェクトは、科学に基づく電磁界ばく露防護の限度値を設定するためのリスク管理に関して以下のことを行っている。

- ・国際的に受け入れ可能なEMFばく露に関する安全基準の開発を促進する。
- ・EMFリスクの認知、コミュニケーション、管理に関するモノグラフを含め、各国やその他の当局向けのEMF防護プログラムの管理に関する情報を提供する。
- ・各国当局、その他の機関、一般公衆、労働者に向けて、EMFばく露により生じる可能性があるハザードと考えられる低減対策について助言を行う。

### (1) 非電離放射線防護に関する国際的な安全基準

WHOの6つの中核的機能の一つは、「規範および基準の設定およびその実施の促進と監視」であり、EMFプロジェクト事務局が属しているPHE部門は、これまでに電離放射線、飲料水などいくつかの環境要因について安全基準を作成しているが、EMFばく露防護の安全基準を作成せず、その業務はICNIRPに委ねている。しかし、2014年の第18回IAC会議で、電離放射線のアプローチに習い、WHOが主導して、非電離放射線に関する安全基準を作成することが提案された。安全基準を作成するた

めには、この分野に関連する全ての国連機関 (ILO, ITU, 国連環境計画 (United Nations Environment Programme; UNEP) など) の間で調整する必要があり、かつ、他の団体 (例えばICNIRP, 国際電気標準会議 (International Electrotechnical Commission; IEC), 国際照明委員会 (International Commission on Illumination; CIE) など) からの代表をオブザーバとして加えるといった構想が提示された。最近では、ICNIRP, 国際放射線防護委員会 (International Commission on Radiation Protection; ICRP), ILO, 国際放射線防護学会 (International Radiation Protection Association; IRPA), WHO共同で組織されたワークショップ「放射線防護の原則: 電離放射線と非電離放射線の類似点と相違点 (<http://www.icnirp.org/en/workshops/article/workshop-principles-2014.html>) (accessed 2015-10-30)」を開催している。このワークショップの主な目的は、電離放射線防護を決定付けている、法制化、最適化、制限における原則を非電離放射線に適用できるのか否かを検討することであったが、その具体化には時間が掛かると思われる。

### (2) 電磁界ばく露基準データベース

WHOのポータルサイトは、地球規模で健康状況監視に関するデータや分析 (Global Health Observatory (GHO): [www.who.int/gho](http://www.who.int/gho) (accessed 2015-12-21)) を提供している。EMFプロジェクトでは各国の電磁界に関する法制度の調査を行った。調査には、電磁界ばく露防護政策対象が一般環境か、労働環境か、国レベルか何省かあるいはそれより下のレベルか、法的に規制か、勧告か、ボランティアかなどの項目が含まれており、Global Health Observatoryの中 (<http://www.who.int/gho/phe/emf/legislation/en/> (accessed 2015-12-21)) に調査結果登録されている (現状は法制度の有無のみ登録)。

### (3) 地方自治体担当者向けの小冊子

地方自治体を支援するために、携帯電話基地局建設の立案、承認および公衆の問い合わせへの回答に必要な情報を提供することを目的に、地方自治体担当者向けの無線ネットワークに関する小冊子が作成中で、近日中に完成予定である。

## 4. ウェブサイトからの情報提供

### (1) EMFプロジェクトのホームページ

WHOのホームページは公式原語であるアラビア語、中国語、英語、フランス語、ロシア語、スペイン語で情報が提供されている。EMFプロジェクトのホームページに関しては、WHOの許可を得て全ての内容を和訳したので、著者が所属する一般財団法人電気安全環境研究所電磁界情報センターのホームページ ([http://www.jeic-emf.jp/note\\_who\\_japanese.html](http://www.jeic-emf.jp/note_who_japanese.html) (accessed 2015-12-21)) からその内容を閲覧することが出来る。

### (2) WHOの出版物

EMFプロジェクトの出版物のうち、最近の文書は、EMFプロジェクトのウェブサイトからダウンロードできる

(<http://www.who.int/peh-emf/publications/en> (accessed 2015-12-21)). 資料の一部は無料であるが、有料の出版物はWHOオンライン・ブックストア (<http://apps.who.int/bookorders/>. (accessed 2015-12-21)) で販売している。ファクトシート

WHOからは、その時々さまざまなトピックスに関して、簡潔で平易に読める情報が、ファクトシートとして提供されている。ファクトシートは、事務総長室が承認した正式の文書で、最新のファクトシートは、WHOメディアセンタ・ウェブサイトで見ることができる (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/en/> (accessed 2015-10-30))。WHOはこれまでに数多くの「電磁界と公衆衛生」に関するファクトシートシリーズを出しているが、1-2年経過するとメディアセンタ・ウェブサイトでは、背景説明資料の取扱となり、その後抹消される。これまで出された全てのファクトシートがEMFプロジェクトのウェブサイトで見ること可能であったが、2015年9月にファクトシートは抹消された。

現在では、ファクトシート193「携帯電話」、背景説明資料として「電磁過敏症 (ファクトシート296)」、 「静的な電界および磁界 (ファクトシート299)」、 「基地局および無線技術 (ファクトシート304)」、 「超低周波電磁界へのばく露 (ファクトシート322)」のみが閲覧出来る (<http://www.who.int/peh-emf/publications/factsheets/en/> (accessed 2015-12-21))。なお、これまでの電磁界と公衆衛生シリーズの全てのファクトシートをWHOの許可を得て翻訳したので、著者が所属する一般財団法人電気安全環境研究所電磁界情報センターのホームページで閲覧・ダウンロードできる ([http://www.jeic-emf.jp/International/who/list/factsheets.html#who\\_3](http://www.jeic-emf.jp/International/who/list/factsheets.html#who_3) (accessed 2015-12-21))。

## 文献

- [1] International Committee on Non-Ionizing Radiation Protection. <http://www.icnirp.org/> (accessed 2015-10-30)
- [2] 総務省. 電波防護指針. <http://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/material/dwn/guide38.pdf> (accessed 2015-12-21)
- [3] World Health Organization. WHO International EMF Project. <http://www.who.int/peh-emf/en/> (accessed 2015-12-21)
- [4] World Health Organization. Environmental Health Criteria 232, Static fields. 2006. ISBN 92-4-157232-9. <http://www.who.int/peh-emf/publications/reports/ehcstatic/en/> (accessed 2015-12-21)
- [5] World Health Organization. Environmental Health Criteria 238, Extremely Low Frequency. 2007. ISBN 978-92-4-157238-5. [http://www.who.int/peh-emf/publications/elf\\_ehc/en/](http://www.who.int/peh-emf/publications/elf_ehc/en/) (accessed 2015-12-21)
- [6] 大久保千代次. 電磁界の健康リスク. 保健医療科学. 2007;46:317-326.
- [7] International Committee on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines on limits exposure static magnetic fields. Health Phys. 2009;96:504-514.
- [8] International Committee on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz). Health Phys. 2010;99:818-836.
- [9] International Committee on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Phys. 1998;74:494-522.
- [10] International Agency for Research on Cancer. Stewart BW, Wild CP. World cancer report 2014. ISBN-13 9789283204299. <http://www.iarc.fr/en/publications/pdfs-online/wcr/> (accessed 2015-12-21)
- [11] International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Non-ionizing radiation, Part 1: static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. 2002;80. ISBN 92 832 1280 0.
- [12] International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Non-ionizing radiation, Part 2: radiofrequency electromagnetic fields. 2013;102. ISBN 978 92 832 1325 3.
- [13] World Health Organization. Environmental Health Criteria 35, Extremely low frequency (ELF) fields. 1984. ISBN 92-4-154095-8. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc35.htm> (accessed 2015-12-21)
- [14] World Health Organization. Environmental Health Criteria 69, Magnetic fields. 1987. ISBN 92-4-154269-1. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc69.htm> (accessed 2015-12-21)
- [15] World Health Organization. Environmental Health Criteria 137, Electromagnetic fields (300 Hz to 300 GHz). 1993. ISBN 92-4-157137-3. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc137.htm> (accessed 2015-12-21)
- [16] International Agency of Research on Cancer. Interphone study reports on mobile phone use and brain cancer risk. IARC Press Release. 2010;200. [http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2010/pdfs/pr200\\_E.pdf](http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2010/pdfs/pr200_E.pdf) (accessed 2015-12-21)
- [17] International Agency of Research on Cancer. IARC Classifies Radiofrequency Electromagnetic Fields as Possibly Carcinogenic to Humans. IARC Press Release. 2011;208. [http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208\\_E.pdf](http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf) (accessed 2015-12-21)
- [18] Hill, BA. The environment and disease: Association or causation? Proc R Soc Med. 1965;58:295-300.