

電磁界による健康影響 (WHO の報告)

明治薬科大学大学院 大久保千代次

I はじめに

電気や電波の恩恵を受けずには現代生活を営むことはできない。全世界で電磁界 (electromagnetic fields; EMF) の暴露を受けない人はいない。しかし、電気や電波の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。50/60Hz の商用周波電磁界を含む超低周波電磁界 (extremely low frequency electromagnetic fields; ELF EMF、周波数 300Hz 以下) や携帯電話で使用されている 1GHz 前後の無線周波電磁界 (電波、radio frequency electromagnetic fields, RF EMF、周波数 10MHz~300GHz) による健康影響への関心が高い。ここでは電磁界の健康リスク評価を行っている WHO (世界保健機関) による国際電磁界プロジェクト (The International EMF Project)¹⁾ からの報告を紹介したい。

II 電磁界の生体影響と暴露ガイドライン

静的電磁界 (Static EMF) 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。静的電界は、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。しかし、非常に強力な静的電界による放電を除いて、健康影響はないと考えられる。静的磁界は、人体の内側と外側でその磁界強さを変えることはない。非常に強い静的磁界は血流または正常な神経刺激に変化を与えるが、この様な強い静的磁界に日常生活では遭遇することはない。しかし、急速に磁界強度が増加している MRI などの労働環境での長期間暴露影響については情報が不足している。

ELF EMF による生体系への主作用は、電流や電荷を誘導されることに起因して神経や筋への刺激作用である。しかし、この作用により、環境レベルの ELF EMF 暴露によって生じると疫学研究で指摘される小児白血病などの健康影響を説明するには無理がある。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、電流が流れることで発生し、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。電流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、季節変動もする。つまり、磁界強度は電界強度と違い、一定せず、疫学研究の際に磁界暴露量評価を複雑にする所以である。

RF EMF と生体系への作用は誘導電流による神経への刺激作用と熱作用の両方を考慮する必要がある。低周波領域では刺激作用が支配的であるが、周波数が高くなるとともに刺激作用は次第に弱まり、やがて熱作用が支配的となる。この境界線は、100kHz 前後である。RF EMF に生体が暴露されると高周波の電流が流れる。ヒトの体重の六割は体液と細胞内液で、水などの極性が高い分子が多くふくまれるので、大きな誘電率をもっている。これらの生体分子が振動・回転し、そのエネルギーが散逸して組織に熱を発生させている。RF EMF に関する

いくつかの疫学研究によれば、熱を引き起こすには至らない程の RF EMF 暴露が、がんを含む健康障害を引き起こす可能性を示唆しているが、その科学的根拠は弱い。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、単位時間に単位質量の組織に吸収されるエネルギーである。

上記の生体と電磁界との相互作用に基づき、電磁界の人体暴露によって健康障害をもたらさないように国際的ガイドラインや安全基準が設定されている。世界中で最も多く採用されているのは国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) が 1998年に定めたガイドライン²⁾である。その詳細は、ICNIRPのweb site

(<http://www.icnirp.org/>) から入手出来る。保健物理学会の多氣・相本氏らによって翻訳された日本語版もここから入手できるので参考にされたい。例えば、商用周波電磁界へのガイドラインは、電磁界によって引き起こされる神経や組織への刺激を根拠に安全係数をとって設定している。この値以下の暴露であれば、長期に亘っても安全であるように設定されている。ガイドライン値は、周波数を分母にとっているため、周波数で異なり、東日本 (50Hz) では、電界が 5.0 kV/m、磁界が 100 μ T、西日本 (60Hz) では、電界が 4.2 kV/m、磁界が 83 μ T である。このガイドライン値にはその科学的根拠の脆弱性から、疫学研究で示唆される小児白血病などの長期的な影響は反映されていない。2001年6月に国際がん研究機関 (IARC) が行った商用周波電磁界への発がん性評価³⁾ に対して、ICNIRP (2001/11) は、生物学的研究からの支持がない状況では疫学研究の結果

(商用周波磁界が 0.3-0.4 μ T 以上の居住環境では小児白血病の発生率が統計的な有意差をもって約 2 倍に増加することを示唆している) は電磁界暴露のガイドラインに採用するには不十分であり、現在 (1998年作成) のガイドラインを変えることは正当化できない、との声明を出している。RF EMFへのガイドラインは、100kHzまでは、神経系機能への影響を防護するために電流密度を制限し、100kHzから10GHz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 を指標に暴露制限を設定し、それ以上の周波数 (300GHz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は国際電磁界プロジェクトが行うリスク評価結果 (環境保健クライテリア、Environmental Health Criteria; EHCの発刊) を受けて、現行のガイドラインを順次見直すことになっている。静的電磁界の環境保健クライテリア

(Static Fields Environmental Health Criteria [Static Fields EHC] 232⁴⁾) が 2006年に発刊されたのを受けて、現在静的電磁界のガイドライン値の見直し作業は最終段階にある。2007年6月には超低周波電磁界の環境保健クライテリア (Extremely Low Frequency Environmental Health Criteria [ELF-EHC] 239)

⁵⁾ が発刊されたので、現在見直しに着手している。

III WHO 国際電磁界電磁界プロジェクト

国際的に注目される超低周波電磁界の健康リスク評価は、米国の電磁界ラピッド (EMF-RAPID) 計画⁶⁾ と⁷⁾、1996年から現在進行中の WHO による国際電磁界プロジェクト (WHO International EMF Project)¹⁾ である。著者は、当初から国際諮問委員会の政府代表として同プロジェクトに参加すると共に、2005年4月から

2年間プロジェクト事務局に従事した。その間に、2006年春、WHOは静的電磁界の健康リスク評価を終え、Static Fields EHC 232⁴⁾を発刊した。また、今年6月にはELF-EHC 239⁵⁾を発刊している。

プロジェクトは今年で13年目を迎えている。リスク評価の対象とする電磁界は、静的(定常)電磁界(Static EMF, 0 Hz)、商用周波を含むELF EMF (>0-300 Hz)、中間周波電磁界(IF EMF; >300 Hz-10M Hz)およびRF EMF (>10M Hz-300 GHz)と、広範囲に及んでいる。プロジェクトの組織は、各国政府代表、共同研究センターおよび国際機関からなる国際諮問委員会(International Advisory Committee: IAC)により運営され、その事務局をWHOに置いている。プロジェクト参加国(関心国も含む)は、1996年発足当初は、僅か17カ国であったが、2007年現在60ヶ国以上に及んでいる。

共同研究センターとしては、英国の健康保護庁放射線防護局(HPA-RPD, 旧NRPB)、ドイツの放射線防護局(BS)、米国の食品医薬品局(FDA; 生命科学部)、環境衛生科学研究所(NIEHS)、産業衛生研究所(NIOSH)、空軍ブルックス電波研究所、スウェーデンのカロリンスカ研究所、オーストラリア放射線防護・核安全庁(ARPENSA)、日本から国立環境研究所が参加協力しているが、国立環境研究所の代表であった兜真徳氏が昨年不幸にも逝去されたのを受けての今年からはセンターを辞退している。

事務局はWHOのジュネーブ本部にあり、その責任者は永らくDr. Michael Repacholiであったが、2006年6月に定年退職し、現在はDr. Emilie Perkins van Deventerとなっている。常勤職員として著者が2007年3月までその任に当たっていたが、その他非常勤のセコンドメントとして英国HPAのDr. Richard Sounders、オランダ健康評議会(HCN)のDr. Eric van Rongenが参加している。プロジェクトの情報は、そのホームページ <http://www.who.int/peh-emf/en/> から得られる。

1999年4月、フランスのリヨンで国際がん研究機関(IARC)による電磁界の発がんリスク評価に関する臨時諮問委員会が開催された。委員会では、評価を2段階とし、IARCが、まずStatic EMFおよび商用周波を含むELF EMFとRF EMFに対する発がん性評価を実施し、次にWHOが発がん以外の健康影響を総合的に評価し、最終的には環境保健クライテリアを発刊予定することが提案され、正式にIACで承認された。

Static EMFの健康影響については、2004年12月にWHOジュネーブ本部でリスク評価を目的とするタスク会議が開催され、2006年4月にStatic Fields EHC 232⁴⁾を発刊したが、その全文は <http://www.who.int/peh-emf/publications/reports/ehcstatic/en/index.html> からダウンロードできる。さらには主要と思われる章は日本語に翻訳したので、興味ある読者は、<http://www.who.int/peh-emf/publications/STATIC%20EHC%20Chapter%201%20Japanese.pdf> を参照されたい。

ELF EMFの健康影響については、2005年10月にWHOのジュネーブ本部でリスク評価を目的とするタスク会議が開催され、2007年6月にELF-EHC 239⁵⁾を発刊した。その全文は

http://www.who.int/peh-emf/publications/elf_ehc/en/index.html からダウンロードできる更には、ELF-EHC 発刊と同時に WHO の公式見解として Fact Sheet No. 322 を 発 表 し た 。 日 本 語 訳 は http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs322_ELF_fields_jp_final.pdf から入手出来る。

今回 WHO は、ELF EHC と Fact Sheet を同時に発表した。その背景を説明したい。これまでにプロジェクトからは 2 冊の EHC (Static EHC と ELF EHC) が発刊されたことになる。EHC には各国への勧告文書が含まれている。Static EHC の勧告文書については WHO として違和感を持たなかったが、ELF-EHC に対しては些か違和感が残った。「WHO の発刊する EHC に何故 WHO の事務局が違和感を？」との疑問持つに違いない。実は EHC の中身を決定するのは、タスク会議メンバーであり、WHO 事務局員ではない。タスク会議メンバーは事務局が推薦し、これを WHO 副事務局長が承認する。リスク評価会議 (タスク会議) の席上、事務局は発言権を持たない。また、タスク会議上で承認された文章を、事務局は勿論、WHO 上層部もその後手直しする権利を持たない。事務局は引用文献のチェックと言った文章の科学的な編集作業に携わるのみである。専門家で構成されるタスク会議の結論や各国への勧告に対して、異論がある場合も過去にはあった。そこで、今回の EHC のみならず、全ての EHC にはその冒頭、「この報告書はタスク会議を構成する専門家の見解を纏めたもので ILO, WHO などの決定や方針を必ずしきみ代表しない。」との「断り書き」が掲載されている。そして、WHO は WHO の公式見解を ELF-EHC の発表日に Fact Sheet No. 322 を介して同時に発表したのである。ELF EHC の勧告文を作成する際、タスク会議メンバーは、会議の席上自分が指摘した点が掲載されているか目配りするが、文章全体の構成に配慮しない場合があると思われたので、勧告文書を交通整理した。つまり、ELF-EHC に記載されている文章を並べ替えて、WHO のメッセージ (Fact Sheet) として再編纂したと言って良い。以下に、WHO の Fact Sheet No. 322 の要点を示す。

- 2002 年に国際がん研究機関が ELF 磁界を「ヒトに対して発がん性があるかもしれない」と分類したが、これを追認する。しかし、全体として、小児白血病に関連する証拠は因果関係と見なせるほど強いものではない。
- 仮に因果関係があるとしてその寄与リスク試算すると小児白血病発症数の 0.2~4.95% に相当。仮に ELF 磁界が実際に小児白血病のリスクを高めるとしても、公衆衛生上の影響は限定的である。
- 小児白血病以外の健康影響は、小児白血病に関する証拠よりも更に弱い
- WHO からのガイダンスとして、政策決定者は、労働者及び一般人をこれらの影響から防護するために規定された国際的な曝露ガイドラインを採用すべきである。長期的影響に関しては、ELF 磁界への曝露と小児白血病との関連についての証拠が弱いことから、曝露低減によって小児白血病の発症が減少するかどうか不明である。以上のことから、
 - ① 政府及び産業界は、ELF 電磁界曝露の健康影響に関する科学的証拠の不確かさを更に低減するため、研究プログラムを推進すべきである。
 - ② 加盟各国には、全ての利害関係者との効果的で開かれたコミュニケーション・プログラムを構築すること。

- ③ 新たな設備を建設する、または新たな装置（電気製品を含む）を設計する際には、曝露低減のための低費用の方法が探索されることは良い。但し、恣意的に低い曝露限度の採用に基づく政策は是認されない。

なお、ELF-EHC が対象とする周波数は、300 Hz 以下ではなく中間周波の一部を含む 100 kHz であることを留意されたい。

RF EMF の健康影響については、IARC による発がん性評価が 2008-9 年、WHO による健康リスク評価と RF-EHC の発刊は 2010 年以降になると予想される。RF EMF の発がん性評価を行うには、IARC が中心になって取り纏めている、携帯電話使用と頭部・頸部がん発生に関する国際的疫学研究（INTERPHONE 研究、日本を含む 13 ヶ国が参加）の結果を待つ必要がある。その作業は予定より遅れている。今後出される RF-EHC では 100kHz から 300GHz の周波数をもつ電磁界が評価対象となる。

IV 文献

1. The International EMF Project, <<http://www.who.int/peh-emf/en/>>(URL) [accessed September, 2007]
2. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Health Phys 1998;74(4):494-522
3. International Agency for Research on Cancer, Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. IARC monograph on the evaluation of carcinogenic risks to humans, 80. Lyon International Agency for Research on Cancer, 2002
4. Static Fields: Environmental Health Criteria 232, World Health Organization, Geneva, Switzerland, ISBN92-4-157323-9, 2006
5. Extremely Low Frequency Fields: Environmental Health Criteria 239, World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2007
6. The Electric and Magnetic Fields (EMF) Research and Public Information Dissemination (RAPID) Program, <<http://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/emf/>>(URL) [accessed September, 2007]