

## 電磁界と公衆衛生

### 超低周波 (ELF)

全ての人は、その環境に行き渡っている様々な周波数の電磁界が複雑に混合したものにばく露されています。技術の進歩が衰えずに新しい応用が見出される限り、多数の周波数の電磁界へのばく露は著しく増大し続けます。

日常生活や医療における電気利用の莫大な便益は疑う余地がありませんが、一方、過去 20 年の間に公衆は超低周波(ELF)の電界および磁界へのばく露による健康への有害な影響について次第に大きな懸念を持つようになりました。そのようなばく露は 50/60 ヘルツの商用周波数の電力の伝送と使用により生じます。

世界保健機関(WHO)は、国際電磁界プロジェクトを通して、この健康問題を取り扱っています。どのような健康影響についても、それを明確に同定した上で、必要であれば適切な緩和措置を講じることが必要です。現在の研究結果はしばしば矛盾しています。このことにより公衆はますます心配になり、混乱し、また安全について証拠に裏付けられた結論に至ると信じる事ができなくなります。

このファクトシートの目的は、ELF 電磁界ばく露と職場や地域社会の健康へのその影響の可能性について情報を提供することです。情報は、この問題に関する WHO のレビューおよび著名な権威ある組織が行った最近のレビューからのものです。

#### ELF 電界および磁界

電磁界は、以下に示すように、一緒になって伝搬する電界 (E) と磁界 (H) の波から成っています。電磁界は光速で伝搬し、周波数と波長によって特性が示されます。周波数は単位時間当たりの振動数でありヘルツ (1 Hz = 毎秒 1 サイクル) という単位で測定され、波長は波が 1 回振動 (1 サイクル) するときの伝搬距離です。

ELF 電磁界は周波数が 300 ヘルツまでのものと定義されます。このように周波数が低い場合、空気中での波長は非常に長くなり (50 ヘルツでは 6000 km、60 ヘルツでは 5000km)、実際上、電界と磁界はお互いに独立して振る舞うため、別々に測定されます。

**電界**は電荷によって生じます。電界は、その電界中に置かれた別の電荷の動きを支配します。電界強度はボルト/メートル (V/m) またはキロボルト/メートル(kV/m) という単位で測定されます。ある物体に電荷が集まる場合、電界により、同種の電荷は反発する方向へ、異種の電荷は引き合う方向へ動く性質が生まれます。この性質の強さは電圧によって決まり、ボルト (V) という単位で測定されます。コンセントで電源に接続されていれば、たとえスイッチが入っていても、全ての電気機器はその電源の電圧に比例した電界を発生しています。電界は機器の近くが最も強く、離れるにしたがって減衰します。電界は、木材や金属など普通の方法で遮蔽されます。

磁界は、電荷の運動、即ち電流によって生じます。磁界は運動中の電荷の動きを支配します。磁界強度はアンペア／メートル(A/m)という単位で測定されますが、通常は、テスラ(T)、ミリテスラ(mT)、マイクロテスラ( $\mu$ T)という単位で測定される磁気誘導に換算して表されます。国によっては磁気誘導の測定にガウス(G)という別の単位が使用されています(10,000 G = 1 T、1 G = 100 $\mu$ T、1 mT = 10G、1 $\mu$ T = 10 mG)。コンセントで電源に接続され、スイッチが入り、電流が流れている状態において、全ての電気機器はその電源から引き出される電流に比例した磁界を発生しています。磁界は機器の近くが最も強く、離れるにしたがって減衰します。磁界は、普通に見られるほとんどの材料では遮蔽されず、それらを確実に貫通します。

## 発生源

自然発生する 50/60 ヘルツの電界および磁界のレベルは極めて低く、それぞれ 0.0001 V / m および 0.00001 マイクロテスラ程度です。ELF 電磁界への人体ばく露は、主として発電、送電、電気エネルギーの使用に伴って起こります。地域社会、家庭、職場で見られる ELF 電磁界の発生源およびその代表的な上限値は以下の通りです。

**地域社会**：発電所からの電気エネルギーは高圧送電線を通してから地域社会へ分配されています。変圧器は、家庭に電気エネルギーを届ける住宅用配電線へ接続するために電圧を低くするものです。架空送電線直下の電界強度および磁界強度は、それぞれ約 12 kV / m および 30 マイクロテスラと同程度です。発電所や変電所の周囲では、電界は最大 16 kV/m、磁界は最大 270 マイクロテスラに達することがあります。

**家庭**：家庭内の電界および磁界は、地域送配電線からの距離、家庭内で使用される電気機器の種類とその個数、家屋内配線の規格や位置など多くの要因に依存します。ほとんどの家庭用電気機器・設備の周囲の電界は、通常は 500 V/m、磁界は 150 マイクロテスラを上回りません。電界、磁界とも強度は距離が近ければかなりの程度高くなりますが、距離と共に急速に低下します。

**職場**：産業現場の至る所で電気設備や配線の周囲に電界および磁界が存在します。電力線や配電線の保守を行う作業者は非常に強い電界と磁界にばく露されるかも知れません。発電所や変電所内部では 25 kV/m を上回る電界、2 ミリテスラを上回る磁界が見られることがあります。溶接工は 130 ミリテスラ程度の強さの磁界を免れ得ません。誘導電気炉や工業用電解セルの近くでは 50 ミリテスラ程度の強さの磁界になることがあります。事務作業者は、コピー機や VDT などの機器を使用する際に極めて微弱な電界および磁界にばく露されます。

## 健康影響

ELF 電磁界と身体組織との相互作用として現実に考えられる筋道は、身体内における電界および電流の誘導によるもののみです。しかしながら、日常生活環境下で遭遇するレベルの ELF 電磁界へのばく露により誘導される電流の大きさは身体内の生理的電流よりも弱いものです。

**電界に関する研究**：身体表面の誘導電荷による刺激作用を除き、最大 20 kV/m へのばく露の影響はほとんど無く、無害であることをこれまでの証拠は示しています。100 kV/m を上回る電界強度において、電界が動物の繁殖や成長に影響を与えることは示されていません。

**磁界に関する研究**：家庭または環境中で遭遇する磁界強度において、ELF 磁界がヒトの生理機能や行動に影響を与えることを示す確固とした実験的証拠はほとんどありません。ボランテ

ニアを最大5ミリテスラのELF磁界に数時間ばく露させた場合、血液の変化、心電図、心拍数、血圧、体温などの臨床的および生理学的検査への影響はほとんどありませんでした。

**メラトニン**：何人かの研究者は、身体の昼夜リズムに関連するホルモンであるメラトニンの分泌をELF電磁界ばく露が抑制する可能性を報告しています。それらの研究は、メラトニンは抗乳がん作用があるかも知れないため、その抑制は既に他の要因により発がんされた乳がんの発生率を増加させるかも知れないと示唆しています。実験動物ではメラトニンへの影響を示す証拠が多少ある一方、ヒトのボランティア実験ではこのような変化は確認されていません。

**がん**：ELF電磁界ばく露がDNAを含む生物学的分子を直接損傷することを示す説得力のある証拠はありません。つまり、発がんのイニシエーションとなることは考え難いのです。しかし、ELF電磁界ばく露ががんのプロモーションやコプロモーションに影響を与えるか否かを明らかにするため、研究はまだ進行中です。最近の動物実験は、ELFばく露が発がん発生率に影響を与えるという証拠を見出していません。

**疫学研究**：1979年ワートハイマーとリーパーは、小児白血病と住宅への配電線の電線規格との関連を報告しました。それ以来、この重大な結果を追跡するため、多くの研究が実施されました。1996年米国国立科学アカデミーがこれらの論文を分析した結果、電力線付近に居住することは小児白血病のリスク上昇と関連する（相対リスク=1.5）が、他のがんとは関連しないことが示唆されました。これらの疫学研究では、成人について居住環境ばく露とがんと同様の関連は見られませんでした。

ここ10年の間にELF電磁界への職業ばく露に関する研究が多く実施されましたが、結果には多くの不一致があります。それらの研究は電気作業員における白血病リスクの小さな上昇の可能性を示唆しています。しかし、それらの多くは、労働環境での化学物質ばく露の可能性などの交絡因子を適切に考慮していません。また、ばく露された作業員におけるがんリスクとELF電磁界ばく露評価結果は良い相関を示していません。したがって、ELF電磁界ばく露とがんとの因果関係は未だ立証されていません。

**米国国立環境健康科学研究所パネル**：米国国立環境健康科学研究所(NIEHS)は5年計画のRAPID計画を終了しました。RAPID計画は、健康にとって意味があるかも知れない影響を報告した研究の再現や規模の拡大を行い、また本当にELF電磁界ばく露による何らかの健康影響があるか否かを明らかにするためにさらに研究を積み重ねました。1998年6月に、NIEHSはその研究結果をレビューするための国際的ワーキンググループを召集しました。そのNIEHSパネルは、国際がん研究機関(IARC)が確立したクライテリアを用いて、ELF電磁界は「ヒトへの発がん性があるかも知れない(Possible human carcinogen)」と考えられると結論しました。

“Possible human carcinogen”は、発がんの可能性に関する科学的証拠を分類するためにIARCが用いている3種類のカテゴリー（「ヒトに対して発がん性があるかも知れない：“Possibly human carcinogen”」、 「ヒトに対しておそらく発がん性がある：“Probably human carcinogen”」、 「ヒトに対して発がん性ある：“is carcinogenic to humans”」）の中で最も弱いものです。IARCの分類には他に2つのカテゴリー（「分類できない」および「ヒトに対しておそらく発がん性はない」）がありますが、NIEHSワーキンググループはこの2つのカテゴリーは考慮外であるとするに十分な証拠があると判断しました。

「ヒトへの発がん性があるかも知れない」という分類は、ある要因についての発がん性の証拠がヒトにおいて限定的であり、かつ実験動物においては十分でない場合に、その要因に対して用いられます。このように、分類は科学的証拠の強固さに基づいたものであり、その要因の発がん性の強さやがんリスクの大きさに基づいたものではありません。したがって、「ヒトへの発

がん性があるかも知れない」は、ELF 電磁界へのばく露はがんを引き起こすかも知れないことを示唆する限定的だが信頼性のある証拠があるという意味です。これまでの証拠から、ELF 電磁界ばく露ががんを引き起こすことはないと考えすることはできないかぎり、この問題の解決のためには、よりの絞った品質の高い研究が今必要とされています。

NIEHS ワーキンググループの判断は、電力線付近に居住することは小児白血病の見かけ上のリスク上昇を結果として示す疫学研究に一貫性が見られたことを主な根拠としています。この関連は、小児白血病発生率と電力線への接近度あるいは家庭内磁界の 24 時間測定値との関係を調べた研究で支持されています。さらに、NIEHS ワーキンググループは労働環境における慢性リンパ性白血病の発生率上昇に関する限定的な証拠も見出しています。

## 国際電磁界プロジェクト

世界保健機関(WHO)の国際電磁界プロジェクトは、電磁界ばく露によって生じる健康問題を解明するために発足しました。科学的なレビュー作業を既に行い、知識の欠落部分を明らかにしました。この結果を受けて、より良い健康リスク評価を確実にするために必要なこれから数年間の研究アジェンダ(課題集)が作成されました。この結果を評価するための正式な専門家グループ会議が IARC によって 2001 年に予定されています。その後、WHO は IARC の結論を採用して、がん以外の健康リスクの評価を 2002 年に完了する予定です。

## 国際基準

国際非電離防護放射線委員会(ICNIRP)は、すべての電磁界に対するばく露制限のガイドラインを公表しました。ガイドラインは既知の健康影響や外部電界中の帯電物体への接触時に起きる健康影響に対する十分な防護を提供しています。多くの国々が推奨する電磁界ばく露の制限値は、世界保健機関が正式に承認した非政府組織(NGO)で、且つこの国際電磁界プロジェクトの完全なパートナー組織ある ICNIRP の制限値と同等です。国際電磁界プロジェクトが新たな健康リスク評価を完了すれば、ICNIRP はこのガイドラインを見直す予定です。

## 防護対策

高圧電力線近辺に常時置かれている金属製フェンスおよび柵、または類似の金属製構造物などの大きな導電性物体は接地されているはずですが、もしそのような物体が接地されていないと、電力線により物体は高電圧を帯びることになり、その物体に近づいた人や接触した人は驚かされ、不快なショックを受けることになります。高圧送電線の下や非常に近い場所に駐車したバスや自動車に接触した人もそのようなショックを受けることがあります。

**公衆:**現在の科学的知識では、通常的生活環境で遭遇するレベルの ELF の電界および磁界へのばく露が健康に有害な影響を与える可能性についてははっきりしない示唆があるのみで確立はされていないので、一般の公衆が特定の防護対策を講じる必要はありません。一般的に、ELF 電磁界ばく露の強い発生源のあるところはフェンスや柵などで公衆の立ち入りが制限されますから、追加的な防護対策は必要ないでしょう。

**労働者:**50/60 ヘルツの電界ばく露に対する防護は遮蔽材使用により容易に達成できます。この対策は非常な強電界下の労働者にのみ必要です。もう少し一般的には、電界が空間的に非常に広い場合、人の立ち入りが制限されます。ELF 磁界については、実用的、経済的な遮蔽方法

はありません。磁界が非常に強い場合、現実的に取り得る唯一の防護方法は人の立ち入り制限です。

## 電磁干渉

強力な ELF の電界および磁界は、心臓ペースメーカーや他の体内植え込み型医用電子機器と電磁干渉(EMI)を起こします。この種の機器を使用中の人はその機器の影響の受け易さを明確に知るためにかかりつけの医師に相談してください。世界保健機関は、これらの機器が電磁干渉を受けにくくするように製造者を強く促しています。

事務作業者はコンピュータ端末のスクリーン上で画像が動くのを目にすることがあるかも知れません。端末周辺の ELF 磁界強度が約 1 マイクロテスラ(10 ミリガウス)以上の場合、この磁界はスクリーン上に画像を生成する電子と干渉を起こすことがあります。この問題の簡単な解決方法は、コンピュータを磁界強度が 1 マイクロテスラ以下の別の場所に移動させることです。このような磁界強度は、事務所やビルに電力を届けるケーブルの近くや、ビルへの電力供給に必要な変圧器の周囲に見られます。これらの発生源からの磁界強度は、健康に関する何らかの問題を引き起こすレベルを一般的には十分下回っています。

## 騒音、オゾン、コロナ

コロナ（下記参照）を発生している変圧器または高圧電力線の周囲でブーンといった音を聞くことがあります。この音は気に障る感じを与えるかも知れませんが、このノイズ音に関連した電磁界の健康影響はありません。

コピー機などのように高電圧を用いる電気機器は、刺激臭のある無色のガスであるオゾンを生じさせる可能性があります。空気中の放電が酸素分子をオゾンに変換します。人はオゾンの臭いを感じやすいものですが、コピー機や同様の機器の周囲に発生する濃度はオゾンの健康基準を十分に下回ります。

コロナまたは空気中への放電は高圧電力線の周囲に発生します。時々、湿度が高い夜や降雨中に目に見え、ノイズ音やオゾンを生じさせます。電力線の周囲でのノイズ音レベルもオゾン濃度も、健康に影響を与えることはありません。

## 研究継続中はどのように対応したらよいか？

国際電磁界プロジェクトの目的の一つは、各国の当局が電磁界技術利用の便益と何らかの有害な健康影響が証明されるという損失とを比較検討し、もし必要である場合には防護対策を決断するのを支援することです。必要とされた研究が終了し、世界保健機関がこれを評価・公表するには数年かかります。その間の対応について世界保健機構は以下を推奨します。

- 現行の国または国際的安全基準のコンプライアンス：これらのような現時点の知識に基づく基準は地域住民全てを防護するために策定されています。
- 簡単な防護対策：強い ELF 電磁界発生源周囲のフェンスや柵は、国または国際的なばく露制限値を上回る可能性のある区域へ許可無く立ち入ることを防ぐのに役立ちます。
- 新しい電力線設置の決定過程において自治体当局および住民と協議すること：言うまでもなく電力線は消費者に電力を供給するため建設されなければなりません。送電線・配電線の周囲の ELF 電磁界レベルは健康リスクとは見なされないという事実にも拘わらず、設置

の決定では景観や住民感情に配慮することが求められます。計画段階で電力会社と住民がオープンにコミュニケーションと議論をすることは、住民が新たな施設を理解し、受け入れを高める手助けとなります。

- 科学者、行政府、産業界、公衆の間に健康情報伝達とコミュニケーションの効果的システムがあれば、ELF 電磁界ばく露問題を取り扱うプログラムに対する一般の意識を高め、不信感や心配を少なくすることができます。

## 詳細資料

ICNIRP (1998) International commission on Non-Ionizing Radiation Protection Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 74(4), 494-522 (国際非電離放射線防護委員会「時間変化する電界、磁界および電磁界(300GHz まで)へのばく露制限のためのガイドライン」)

NIEHS (1998) Assessment of health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields. Portier CJ and Wolfe MS (eds) NIEHS Working Group Report, National Institute of Environmental Health Sciences of the National Institute of Health, Research Triangle Park, NC, USA, pp 523. (米国国立環境保健科学研究所作業部会報告書「電力線周波数の電界および磁界へのばく露の健康影響評価」)  
<http://www.niehs.nih.gov/emfrapid/home.htm> から入手可能。

Repacholi M and Greenebaum B (1998) Interaction of static and extremely low frequency electric and magnetic fields with living system: health effects and research needs. Bioelectromagnetic(In Press) (1997年イタリアボロニアで開催された静磁界および超低周波電磁界に関する世界保健機関主催の科学的再評価会議の要約(訳者注: Bioelectromagnetic 19: pp.1-19に掲載されました。))

WHO (1997) WHO's Agenda for EMF Research. World Health Organization publication WHO/EHG/98.13, WHO Geneva. (WHO「EMF 研究分野についての WHO 研究課題」) <http://www.who.ch/emf> から入手可能。

(本文終わり)

(翻訳について)

Fact Sheet の日本語訳は、WHO から正式の承認を得て、電磁界情報センターの大久保千代次が原文にできるだけ忠実に作成いたしました。文意は原文が優先されますので、日本語訳における不明な箇所等につきましては原文でご確認下さい。(2011年5月)