

世界保健機関（WHO）ファクトシート集

電磁界と公衆衛生



電磁界情報センター

一般財団法人 電気安全環境研究所 (JET)

本冊子は、世界保健機関（WHO）から公表されたファクトシート等の原文（英語）を、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できるだけ忠実に日本語に翻訳したものです。

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ください。翻訳した全ての資料の原文を後段に添付しています。

【ご注意】

WHO のホームページでは、2004 年以前の資料は削除されています。
ホームページをご覧の場合は、その点にご注意下さい。

（2015 年 10 月 電磁界情報センター）

目 次

1 ファクトシート

No.193 「携帯電話」	1
---------------	---

2 これまでに公表されたファクトシート等

2-1 ファクトシート

No.181 「国際電磁界プロジェクト」	4
No.182 「物理的特性と生体への影響」	7
No.183 「無線周波電磁界の健康影響」	11
No.184 「公衆の電磁界リスク認知」	15
No.201 「ビデオディスプレイ装置 (VDUs)」	18
No.205 「超低周波 (ELF)」	21
No.226 「レーダと人の健康」	27
No.263 「ELF 電磁界とがん」	32
No.296 「電磁過敏症」	37
No.299 「静的な電界および磁界」	41
No.304 「基地局および無線技術」	44
No.322 「超低周波電磁界へのばく露」	47

2-2 背景説明資料

「コーショナリ政策」	51
------------	----

2-3 情報シート

「中間周波 (IF)」	56
「電子レンジ」	60
「電磁界の環境影響」	63

【参考資料：翻訳した資料の原文】

ファクトシート

No.193 「携帯電話」	67
---------------	----

これまでに公表されたファクトシート等

ファクトシート

No.181 「国際電磁界プロジェクト」	71
No.182 「物理的特性と生体への影響」	74
No.183 「無線周波電磁界の健康影響」	78
No.184 「公衆の電磁界リスク認知」	82
No.201 「ビデオディスプレイ装置 (VDUs)」	85
No.205 「超低周波 (ELF)」	89
No.226 「レーダと人の健康」	94
No.263 「ELF 電磁界とがん」	102
No.296 「電磁過敏症」	106
No.299 「静的な電界および磁界」	109
No.304 「基地局および無線技術」	112
No.322 「超低周波電磁界へのばく露」	115

背景説明資料

「コーショナリ政策」	118
------------	-----

情報シート

「中間周波 (IF)」	123
「電子レンジ」	127
「電磁界の環境影響」	130

電磁界と公衆衛生

携帯電話

要点

- 携帯電話は至るところで使用されており、世界中の加入件数は 69 億と推定されています。
 - 国際がん研究機関により、携帯電話が発生する電磁界は「ヒトに対して発がん性があるかも知れない」に分類されています。
 - 携帯電話使用の潜在的な長期的影響をより完全に評価するための研究が進行中です。
 - WHO は、2016 年までに、無線周波電磁界ばく露による健康影響に関する全ての研究について公式のリスク評価を実施する予定です。
-

移動式または携帯式電話は今や、現代の情報通信になくてはならないものの一部です。多くの国において、人口の半数以上が携帯電話を使用しており、その市場は急速に成長しています。2014 年の世界中の加入件数は 69 億と推定されています。世界の地域によっては、携帯電話は最も信頼のできるもの、または唯一の利用可能な電話です。

非常に多くの人々が携帯電話を使用していることを考えれば、潜在的な公衆衛生上の影響を調査し、理解し、監視することは重要です。

携帯電話は、基地局と呼ばれる固定アンテナの通信網を通して電波を送信することにより通信を行います。無線周波（RF）の電波は電磁界で、エックス線またはガンマ線のような電離放射線とは異なり、人体内で化学的結合を切断したり、イオン化を起こすことはできません。

ばく露レベル

携帯電話は、低出力の RF 送信機で、ピーク電力範囲 0.1–2W、周波数範囲 450–2700 メガヘルツで動作しています。端末機は電源が入っている時にのみ RF 電力の送信を行います。RF 電力（したがって、使用者の RF ばく露）は、端末機からの距離の増加に伴い、急速に低下します。このため、身体から 30–40cm 離して携帯電話を使用している状態—例えば、携帯メールやインターネットへのアクセスを行う場合、または“ハンズフリー”機器を利用している場合—の人では、頭部に向けて端末機を保持している人より、RF ばく露は非常に低くなります。

通話中に携帯電話を頭部や身体から離しておける“ハンズフリー”機器を利用することに加えて、通話の回数と長さを制限することによってもばく露は減らせます。受信状態の良好な地域内で電話を使用した場合も、より低い電力での送信が可能になるためにばく露が小さくなります。RF 電磁界ばく露低減用に売られている機器の使用に効果があることは示されていません。

携帯電話は病院内や航空機内ではたいてい禁止されています。その理由は、RF 信号がある種の医用電子機器や航空機のナビゲーションシステムと干渉する可能性があるからです。

何らかの健康影響はあるのでしょうか？

携帯電話が潜在的な健康リスクをもたらすかどうかを評価するために、これまで 20 年以上にわたって多数の研究が行われてきました。今日まで、携帯電話使用を原因とするいかなる健康影響も確立されていません。

短期的影響

組織における熱の発生は、RF エネルギーと人体との間の相互作用の主要なメカニズムです。携帯電話に利用されている周波数においては、エネルギーの大部分は皮膚やその他の表面的組織に吸収され、その結果、脳またはその他の器官での温度上昇は無視しうる程度になります。

多くの研究が、ボランティアの脳の電氣的活動、認知機能、睡眠、心拍数や血圧に RF 電磁界が及ぼす影響を調べてきました。今日まで、組織に熱が発生するよりも低いレベルの RF 電磁界ばく露による健康への悪影響について、研究による一貫性のある証拠は示唆されていません。さらには、電磁界ばく露と自己申告の身体症状または“電磁過敏症”との因果関係について、研究による裏付けは得られていません。

長期的影響

RF 電磁界ばく露による潜在的な長期リスクを調査した疫学研究は、そのほとんどが脳腫瘍と携帯電話使用との関連を探索してきました。しかしながら、多くのがんは、腫瘍に至るような相互作用があつてから長い年数を経るまで検出できないため、また、携帯電話は 1990 年代初めまで普及していなかったため、現時点での疫学研究は、比較的短い誘導期間で出現するがんしか評価できません。しかしながら、動物研究の結果は、RF 電磁界の長期的ばく露でのがんリスク上昇がないことを一貫して示しています。

複数の大規模な多国間疫学研究が完了または進行中です。これには、成人の健康影響項目を多数調べた症例対照研究と前向きコホート研究が含まれています。今までで最大規模の成人を対象とした後ろ向き症例対照研究である INTERPHONE は、国際がん研究機関 (IARC) が調整して、携帯電話使用と成人の頭頸部のがんと関連があるかどうかを確認するためにデザインされました。

参加した 13 カ国からの収集データの国際的プール分析によれば、10 年以上の携帯電話使用に伴う神経膠腫および髄膜腫のリスク上昇は見られませんでした。使用期間の増大に伴うリスク上昇の一貫した傾向はありませんでしたが、自己申告された携帯電話の累積使用時間が上位 10% に入った人々において、神経膠腫のリスク上昇を示唆するものがありました。研究者らは、バイアスと誤差があるために、これらの結論の強固さは限定的であり、因果的な解釈はできないと結論しています。

主としてこれらのデータに基づき、国際がん研究機関 (IARC) は、無線周波電磁界は「ヒトに対して発がん性があるかも知れない」(グループ 2B) に分類しました。このカテゴリーは、因果関係は信頼できると考えられるが、偶然、バイアス、または交絡因子を根拠ある確信を持って排除できない場合に用いられます。

脳腫瘍のリスク上昇は確立されなかったものの、携帯電話使用の増加と 15 年より長い期間の携帯電話使用についてのデータがないことは、携帯電話使用と脳腫瘍リスクのさらなる研究が必

要であることを正当化しています。特に、最近の若年者における携帯電話使用の普及と、それによる生涯ばく露の長期化に伴い、WHO は若年者グループに関する今後の研究を推進しています。小児および思春期層における潜在的な健康影響を調査するいくつかの研究が進行中です。

ばく露制限ガイドライン

携帯電話使用者に対する RF ばく露制限は、比吸収率（SAR）— 身体 の単位体積当たりの RF エネルギー吸収率— で示されています。現在、二つの国際組織^{1,2}が、医学診断または治療を受けている患者を除いて、職業者と一般公衆に対するばく露ガイドラインを制定しています。これらのガイドラインは利用可能な科学的証拠の詳細な評価を根拠にしています。

WHO の対応

一般の人々や政府の懸念に対して、WHO は 1996 年に、電磁界の健康への悪影響の可能性についての科学的証拠を評価するため、国際電磁界プロジェクトを立ち上げました。WHO は、無線周波電磁界ばく露による健康影響に関する全ての研究について公式のリスク評価を 2016 年までに実施する予定です。さらに、上述のように、WHO の専門機関である国際がん研究機関（IARC）は、携帯電話などからの無線周波電磁界の潜在的発がん性について 2011 年 5 月にレビューを行いました。

また WHO は、知識の欠落を埋めるため、RF 電磁界と健康に関する優先度の高い研究を「研究アジェンダ」を通して定期的に確認し、これを推進しています。

WHO は一般の人々向けの情報提供資料を作成し、また携帯電話の潜在的な健康リスクについての理解レベルの向上のため、科学者、政府、産業界、一般の人々の間の対話を促進しています。

(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。(2014 年 10 月)

¹ 国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP)、「時間変化する電界、磁界および電磁界によるばく露を制限するためのガイドライン (300GHz まで)」に関する声明、2009 年。

² 電気電子学会 (IEEE) 規格 C95.1-2005。無線周波数電磁界 (3kHz から 300GHz まで) への人体のばく露に関する安全レベルについての IEEE 規格。

電磁界と公衆衛生

国際電磁界プロジェクト

近年、個人用あるいは産業用および商業用の目的で用いられる電界および磁界（EMF）の発生源の数および多様性は前例のない増加を示しています。そのような発生源には、テレビ、ラジオ、コンピュータ、携帯電話、電子レンジ、レーダ、産業・医療・商業で用いられる機器があります。

これらの技術は人々の生活をより豊かに、より便利にしています。現代社会はコンピュータ、テレビ、ラジオなしでは考えられません。携帯電話は、都市および地方の両方において、個人間の通信能力を大きく高め、医療および警察の緊急救援の派遣を容易にしました。レーダは飛行機の運行を大変安全なものにしています。

一方、これらの技術は、その使用に伴う健康リスクへの懸念をもたらしています。そのような懸念は、携帯電話、電力線、警察の速度規制用レーダガンなどの安全性について提起されています。これらの機器から放射される電磁界へのばく露が、がん、不妊、記憶喪失、行動異常、小児の発育と行動における有害な変化など、健康への有害な影響をもたらす可能性があるとして科学的報告は示唆しています。しかしながら健康リスクの本当の大きさは不明であり、ある種の電磁界に関しては、環境中で見られるレベルでは健康リスクは非常に低いか、または存在しないかも知れません。

さらには、**非電離放射線**（ラジオ波やマイクロ波など）と**電離放射線**（エックス線やガンマ線など）の生物学的影響について混同もあります。

電磁界ばく露による健康影響の可能性への懸念と電力供給および無線通信設備の発展との利害対立は少なからぬ経済的影響に至ります。例えば、多くの国の電力会社は高圧送電線の敷設において、人口過密地域を迂回するよう変更するか、建設を中止しなければならなくなりました。基地局からの RF（訳者注：無線周波）放射が小児がんを引き起こすかも知れないという懸念のために、携帯電話基地の設置は遅れが出るか、または住民の反対にあっています。例えば米国では必要とされる基地局総数の 85%をこれから建設しなければなりません。

環境中の電界および磁界を、現状で一般に受け容れられている低いレベルにまで大幅に低減する対策には費用がかかります。電磁界と健康に関する懸念のために、米国一国の経済だけでも、年間数 10 億ドルを費やしていると見積もられます。しかし、もし許容できない健康リスクが本当に起きるならば、高額な防護対策が必要になるでしょう。

多くの加盟国において、数と多様性の増加が続いている電磁界発生源へのばく露による健康影響の可能性について公衆衛生上の関心が大きくなっていることを受けて、1996 年 5 月、世界保健機関(WHO)は電界および磁界へのばく露の健康および環境への影響を評価する国際的プロジェクトとして、**国際電磁界プロジェクト**を発足させました。

国際電磁界プロジェクトは、0 から 300 ギガヘルツの周波数範囲の静的および時間変化する電界および磁界へのばく露の健康リスク評価に関する科学的に適切な勧告を行うために、主要な国際組織および各国の当局および研究組織が有する現時点での知識と利用可能な資源を集め、

結びつけます。この周波数範囲には、**静的(0Hz)、超低周波(ELF, 0Hz-300Hz)、中間周波(IF, 300Hz-10MHz)、無線周波(RF, 10MHz-300GHz)の電磁界**が含まれます。

国際電磁界プロジェクトは、信頼できる、独立性を保った文献レビューを提供すること、互換性と比較可能性のある方法論を用いた研究実施プロトコル確立と電磁界分野の健康リスク評価の向上につながるような重点研究の推進により科学的知識が欠落している部分を確認し、補充することを託されています。国際電磁界プロジェクトは以下のことを行います。

- 電磁界ばく露の生物学的影響に関する科学文献のレビュー
- 健康リスク評価を改善するために研究が求められている知識の欠落部分の同定
- 質の高い電磁界研究の重点課題の推進
- 必要とされた研究が完了した後に、電磁界ばく露の健康リスクの正式な評価
- 国際的に許容され得る、統一した基準の推進
- 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の提供
- 各国の行動計画や非政府組織への助言

国際電磁界プロジェクトを支援している国際組織、独立的研究組織、各国政府の代表で構成されている**国際諮問委員会(IAC)**が監視を行います。全ての活動は WHO 事務局によって調整され、促進されています。

国際電磁界プロジェクトに参加し、支援している国際組織（アルファベット順）は、欧州委員会(EG)、国際がん研究機関(IARC)、国際非電離放射線防護委員会(ICNIRP)、国際電気技術委員会(IEC)、国際労働機関(ILO)、国際電気通信連合(ITU)、北大西洋条約機構(NATO)、国連環境計画(UNEP)です。

科学的作業は、ICNIRP と以下に挙げる独立的な **WHO の科学協力機関**によって運営されています：国立放射線防護委員会（英国）、連邦放射線防護庁（ドイツ）、カロリンスカ研究所（スウェーデン）、食品医薬品局（米国）、国立環境健康科学研究所（米国）、国立労働安全衛生研究所（米国）、国立環境研究所（日本）。

40ヶ国以上の政府が、国際電磁界プロジェクトの活動に貢献もしくは関心を示しています。

国際電磁界プロジェクトの科学的活動には、各種の電磁界とその応用に関する健康リスク評価を目指したレビュー会議があります。独立的な専門家グループが、承認された評価基準に基づいて、電磁界の生物学的影響に関する研究論文をレビューします。このようなレビューは、必要な研究が完了し、その研究結果が WHO の健康リスク評価報告書に反映されるように予定を組み、実施されています。

国際電磁界プロジェクトは、ますます疑いを深める公衆や職場を含め、この問題に関心を持つ人々間のコミュニケーションを改善するために、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文書を発行する予定です。詳細は国際電磁界プロジェクトのウェブサイトを参照して下さい：<http://www.who.int/emf>

最終的に国際電磁界プロジェクトは、WHO の環境保健クライテリアシリーズとして数冊のモノグラフを出版する予定です。RF、ELF および静的な電磁界へのばく露の健康影響、リスク認知、リスクコミュニケーションとリスク管理、そして公衆および労働衛生政策を取り扱う予定です。

国際電磁界プロジェクトは、全世界的に受け容れられる電磁界の人体ばく露制限に関する基準、各種機器から発生する電磁界の計測とコンプライアンスに関する基準の作成を促進し、また電磁界ばく露によるリスクの可能性に関して、公衆および労働者への情報伝達を最も適切に行う方法について理解を深めることを促進する予定です。

(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)

電磁界と公衆衛生

物理的特性と生体への影響

自然界の発生源および多くの人工的発生源は、電磁波というかたちで電磁エネルギーを発生しています。これらの波は振動する電界と磁界から成っていますが、電界と磁界とでは細胞、植物、動物、ヒトなどの**生体**との相互作用が異なります。これらの相互作用をより良く理解するためには、電磁界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す。

電磁波は、**波長**、**周波数**、または**エネルギー**によって特徴づけられます。この3つのパラメータは相互に関連しています。それぞれのパラメータは、電磁界が生体に与える作用に影響を及ぼします。

- 電磁波の**周波数**は、ある固定点を単位時間当たりには通過する振動の回数です。毎秒のサイクル数または**ヘルツ**で測定されます。1 サイクル／秒は1 **ヘルツ** (Hz) と同じです。無線周波 (RF) 電磁界に用いられるのは、大きく分けて、**キロヘルツ** (kHz) または毎秒 1000 サイクル；**メガヘルツ** (MHz) または毎秒百万サイクル；**ギガヘルツ** (GHz) または毎秒十億サイクルなどです。
- 電磁波の**波長**が短ければ短い程、**周波数**は高くなります。例えば AM 放送帯の中心周波数は百万ヘルツ (1 **メガヘルツ**) で、その波長は約 300 メートルです。電子レンジは 24 億 5 千万ヘルツ (2.45 **ギガヘルツ**) で、その波長は 12 センチです。
- 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ます。個々の光子のエネルギーは直接的に電磁波の周波数に比例します。**周波数が高ければ高い程、個々の光子のエネルギー量は大きくなります。**

電磁波が生体にどのように影響を与えるかは、ある部分では電磁界強度により、またある部分では光子エネルギー量によって決まります。

周波数の低い電磁波は「**電磁界** (electromagnetic fields)」、極めて高い周波数の電磁波は「**電磁放射線** (electromagnetic radiations)」と呼ばれています。電磁波はその周波数とエネルギーによって「**電離放射線**」と「**非電離放射線 (NIR)**」とに分類できます。

- **電離放射線**は極めて高い周波数の電磁波 (エックス線およびガンマ線) で、細胞内の分子を結合させている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した、原子または分離した分子を生成すること) を起こすのに十分な光子エネルギーを持っています。
- **非電離放射線 (NIR)** は、原子結合を破壊するには至らない程度の弱い光子エネルギーをもつ電磁スペクトルの部分を全般的に指す用語です。この中には**紫外線 (UV)**、**可視光**、**赤外線**、**無線周波**および**マイクロ波電磁界**、**超低周波 (ELF) 電磁界**そして**静的な電界**および**磁界**が含まれます。

- 非電離放射線は、どんなに強くとも生体で電離作用を起こすことはありません。しかし、組織や細胞における熱の発生、化学反応の変化、電流の誘導などにより生物学的影響を生じることが分かっています。

電磁波により生じる生物学的影響は、必ずではありませんが、時には健康への有害な影響につながる可能性があります。

- 生物学的影響とは、電磁波ばく露によって生体に生じた顕著なまたは検出可能な生理学的変化です。
- 健康への有害な影響とは、その生物学的影響が身体の正常な生理的補償の範囲を越え、結果として健康状態が損なわれることです。

多少強い日差しに対して皮膚の血流が増加する身体反応など、ある種の生物学的影響は無害といえます。肌寒い日に直射日光の暖かさを感じるなどには有益な影響といえますし、ビタミンD生成を助ける太陽の役割などは積極的な健康効果とさえ言えます。しかし、ある種の生物学的影響は、結果として日焼けの痛みや皮膚がんなど健康への有害な影響に至ります。

WHO 国際電磁界プロジェクトは無線周波 (RF) およびマイクロ波、中間周波 (IF)、超低周波 (ELF) の電磁界、ならびに静電界と静磁界へのばく露に関して持ち上がった健康への懸念を取り扱っています。これらの電磁界は健康への影響につながる可能性のある、種々の生物学的影響を生じます。

中間周波 (IF) および無線周波 (RF) 電磁界は熱と電流の誘導を生じることが知られています。その他に、十分に確立されていない生物学的影響も報告されています。

- 周波数が約 1 メガヘルツ以上の電磁界は、主として媒質中のイオンや水分子を運動させることにより熱を生じさせます。エネルギーが非常に低レベルでも微量の熱を発生しますが、この熱は、その人が気づくことなく、身体の正常な温熱制御過程により運び去られます。
- これらの周波数に関する多数の研究が、熱作用を引き起こすには至らない程度の弱い電磁界へのばく露が、がんや記憶喪失を含む健康への有害な影響をもたらすかも知れないと示唆しています。これらの未解決の問題に対する共同研究と一体となって推進することは国際電磁界プロジェクトの主要な目的のひとつです。
- 周波数が約 1 メガヘルツ以下の電磁界は、主として筋や神経などの組織の細胞を刺激する電荷や電流を誘導します。もともと、生命活動の必然である化学反応の一部としての電流が体内を流れています。もし電磁界が、この体内の背景レベルを顕著に上回る電流を誘導すれば、健康への有害な影響が起きる可能性があります。

超低周波 (ELF) の電界および磁界。これらの電磁界による生体への主な作用は電荷や電流の誘導であります。環境レベルの ELF 電磁界へのばく露によって生じることが報告されている小児がんなどの健康影響は、この作用メカニズムでは説明できないと思われます。

- ELF 電界は、電流が流れているか否かではなく、一つの電荷（電圧）があるところに常に存在します。電界が人体へ浸透することはほとんどありません。非常に高い電界強度では、皮膚の毛が動くため、電界は感知されます。いくつかの研究は、低レベルのこれらの電界へのばく露が小児がんの発生率上昇やその他の健康影響と関連することを示唆していますが、その他の研究は示唆していません。国際電磁界プロジェクトは健康リスク評価の改善に的を絞った研究を行うように推奨しています。

- **ELF 磁界**は、電流が流れるところに常に存在します。ELF 磁界は、ほとんど減衰することなく人体を貫通します。いくつかの疫学研究は、ELF 磁界とがん、特に小児がんとの関連を報告していますが、その他の研究は報告していません。**国際電磁界プロジェクト**によって監視と推進を受けているものも含め、低レベル（環境レベル）の ELF 磁界の影響に関する研究は現在進行中です。

静電界および静磁界。これらの電界および磁界によって生体に起こる主な作用は**電荷や電流の誘導**ですが、この他に、非常に高い強度においてのみ、健康にとって有害となる可能性がある影響が起きることは確立されています。

- **静電界**は人体へ浸透しませんが、皮膚の毛が動くことにより感知されます。強力な静電界による放電を除いて、静電界には明らかな健康影響はないと考えられます。
- **静磁界**の人体の内部の強度は外部の強度と実質的に同じです。非常に強い静磁界は血流を変化させ、正常な神経インパルスに変化を与えます。しかし、日常生活ではこの様な強い磁界強度は見当たりません。しかし、労働環境レベルの静磁界への長期ばく露の影響については知識が不十分です。

安全基準。電磁界への人体ばく露が健康への有害な影響をもたらさないこと、人工的な電磁界を発生する機器が安全で、かつその使用が他の機器と電磁干渉しないことを確保するために、種々の国際的ガイドラインと基準が採用されています。これらの基準は、科学者グループがあらゆる科学文献のレビューを行った後に作成されます。このレビューで科学者グループは健康にとって有害となるような影響が一貫性をもって再現されることを示す証拠を探します。その次に、これらの科学者グループは国際組織あるいは各国組織がとる行動基準のためのガイドラインを推奨します。非電離放射線防護の領域で、WHO により公式に認められた非政府組織が、**国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）**です。ICNIRP は、紫外線、可視光、赤外線、RF 電磁界およびマイクロ波を含むすべての電磁界に関して人体ばく露制限の国際的ガイドラインを確立しています。

電磁波は自然現象によっても発生しますが、大部分は人工的発生源によるものです。電磁スペクトラムは**電離**および**非電離放射線（NIR）**の両方を含みます。

電離放射線（エックス線とガンマ線）は、細胞内の分子を結合させている原子結合を破壊することによって、プラスやマイナスに荷電した、原子または分離した分子を生成するのに十分なエネルギーを持っています。この作用を**電離（イオン化）**と呼びます。

非電離放射線はどんなに強くとも**生体で電離作用を起こしません**。しかし、組織における熱の発生、化学反応の変化、電流の誘導などにより生物学的影響を生じることが分かっています。

WHO 国際電磁界プロジェクトは、静的、超低周波（ELF）、中間周波（IF）、無線周波（RF）の**電磁界（0-300 ギガヘルツ）**の健康影響を取り扱っています。

周波数の異なる電磁波は、細胞、植物、動物、ヒトなどの**生体**と、それぞれ異なった相互作用をします。電磁波が生体に与える影響の程度は、ある部分では**電磁界強度**で、またある部分では**光子エネルギー量**によって決まります。

電磁波により生じる生物学的影響は、必ずではありませんが、時には健康への有害な影響につながる可能性があります。

(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)

電磁界と公衆衛生

無線周波電磁界の健康影響

このファクトシートは、環境保健クライテリア137「電磁界 (300 ヘルツ–300 ギガヘルツ)」(WHO、ジュネーブ、1993 年) と WHO 国際電磁界プロジェクト主催による科学的レビュー報告書 (WHO、ミュンヘン、ドイツ、1996 年11 月) に基づいています。

無線周波 (RF) 電磁界は電磁界スペクトルの一部です。WHO の国際電磁界プロジェクトの目的においては、この電磁界は、10 メガヘルツ (10,000 キロヘルツ) と 300 ギガヘルツの周波数範囲内のものと定義しています。自然および人工発生源は様々な周波数の RF 電磁界を発生します。

一般的な RF 電磁界発生源には、FM ラジオ (30-300 メガヘルツ)、携帯電話、テレビ放送、電子レンジ、医療用ジアルテルミー(0.3-3 ギガヘルツ)、レーダ、衛星通信、マイクロ波通信(3-30 ギガヘルツ)、太陽(3-300 ギガヘルツ)などがあります。

RF 電磁界は、非電離放射線(NIR)です。エックス線やガンマ線とは異なり、RF 電磁界のエネルギーは細胞内の分子の結合を破壊して電離させるには余りにも弱いものです。しかし、RF 電磁界は細胞、動物、ヒトなどの生体に様々な影響を与える可能性があります。これらの影響は RF 電磁界の周波数と強度に依って決まります。これらの影響の全てが健康に有害な影響となるわけでは決してありません。

10 ギガヘルツ以上の RF 電磁界は皮膚表面で吸収され、非常に僅かのエネルギーだけが皮下の組織へ浸透します。

- 10 ギガヘルツ以上の RF 電磁界のばく露測定には、電磁界の強度という基本的な物理量を用います。強度は電力密度で測り、1 平方メートル当たりのワット (ワット/平方メートル: W/m^2) で表します。弱い電磁界は、ミリワット/平方メートル(mW/m^2)、またはマイクロワット/平方メートル($\mu\text{W/m}^2$) で表します。
- 白内障や皮膚の熱傷のような有害な影響が 10 ギガヘルツ以上の RF 電磁界へのばく露により生じるためには、 1000 W/m^2 以上の電力密度が必要です。そのような電力密度は日常生活では見当たりません。そのような電力密度は強力なレーダの極めて近傍に存在します。現行のばく露基準は、そのような場所に人が居ることの無いように定められています。

10 メガヘルツから 10 ギガヘルツまでの RF 電磁界はばく露された組織へ浸透し、組織でのエネルギー吸収による熱を生じさせます。組織への浸透深度は周波数に依って決まり、周波数が低ければ低いほど深くなります。

- 組織での RF 電磁界からのエネルギー吸収は、一定の組織の質量における**比吸収率 (SAR)**で測ります。SARの単位は、**キログラム当たりのワット (W/kg)**です。SAR は、1 メガヘルツから 10 ギガヘルツまでの RF 電磁界のばく露測定に用いられる基本的な物理量です。
- この周波数範囲の RF 電磁界にばく露された人体に有害な影響が生じるには少なくとも **4W/kg** の SAR が必要です。そのようなエネルギーは強力な FM アンテナから数十メートルの範囲にのみ見られますが、高いタワーの頂点におかれているため、そのような場所へは接近不可能です。
- 1 メガヘルツから 10 ギガヘルツまでの RF 電磁界へのばく露により生じる**最も有害な影響**は、**誘導加熱**に対する反応として組織や身体に **1℃以上**の温度上昇を生じさせることと密接に関係しています。
- 身体組織の**誘導加熱**は、体温上昇にしたがって精神的または身体的作業能力が低下することを含め、様々な**生理学**的および**体温調節系**の反応を引き起こすことがあります。同様の影響は、高温環境での作業や長期間の発熱などの熱ストレスを受けた人で報告されています。
- 誘導加熱は**胎児の発達**に影響を与えるかもしれません。胎児体温が数時間にわたり **2-3℃** 上昇する場合に限り、**出生時欠損症**が発生するかも知れません。誘導加熱は**男性の不妊**に影響を与えることがあり、また**白内障**の誘発に至ることがあります。
- ほとんどの RF 電磁界研究は 1 メガヘルツ以上の周波数で行われ、日常生活では通常見られない、強いレベルの RF 電磁界への急性ばく露の結果を調べたものであることを良く認識することは重要です。

生活環境に存在するような**低い強度の RF 電磁界**へのばく露により身体が受けるその他の影響についての報告があります。しかし、そのような影響は、別の実験室での研究によって確認されていないか、または健康にとってどのような意味があるのか不明であります。ただし、がんのリスク上昇に関する重要な健康上の懸念をこれらの研究は提起しています。このため、**国際電磁界プロジェクト**ではこれらの研究の監視と評価を続けています。

RF 電磁界ばく露とがん：現在の科学的証拠は、RF 電磁界ばく露ががんを誘発または促進するとは考えにくいことを示しています。

- 動物を用いたがん研究はがん発生への影響について説得力のある証拠を提供していません。最近の研究は、遺伝工学的に操作されたマウスに RF 送信アンテナ近傍 (0.65m) でのばく露を行い、携帯電話と同様の RF 電磁界ががん発生率を上昇させることを見出しました。この結果とヒトのがんとの関連性を明らかにするため、一層の研究が実施されることでしよう。
- 多くの疫学研究 (**人の健康**) は RF 電磁界ばく露とがんの過剰リスクとの関連の可能性を取り扱っています。これまでのところ、これらの研究結果に一貫性がないため、RF 電磁界ばく露によるヒトのがんリスクの適正な評価に必要な情報をこれらの研究は提供していません。なぜならば、実際にかなり大きな RF 電磁界ばく露を受け、しかもそのばく露について遡及的評価がなされている人口集団の同定を含め、これらの研究のデザイン、実施お

よび解釈において違いがあるためと考えられます。国際電磁界プロジェクトはこの領域の研究の調整を進めています。

加熱が生じ得ないほど**低いレベルの RF 電磁界ばく露**が、ネコやウサギにおいて、カルシウムイオンの流動性を変化させることによって脳の電氣的活動を変化させることが報告されています。単離された組織や細胞においても、この影響は報告されています。他の研究では RF 電磁界が、細胞の分裂速度、酵素の活性、細胞の DNA 内の遺伝子に変化を与えることが報告されています。しかし、これらの影響は十分に確立されていませんし、また人の健康にとっていかなる意味を持つものか十分に理解されていませんので、人体ばく露を制限する根拠になりません。

電磁干渉とその他の影響：携帯電話や一般に使用されているその他の多くの電気機器は、他の電気機器と電磁干渉を起こすことがあります。したがって、病院の集中治療室で用いられる電磁干渉を受けやすい医用電気機器の周囲で携帯電話を使用することには注意が必要です。稀な例ですが、携帯電話は心臓ペースメーカや補聴器などの医療機器とも電磁干渉を起こすことがあります。このような機器を使用している人は、その機器の電磁干渉に対する感受性を明確に知っておくために医師に相談するのがよいでしょう。

自然発生源からの RF 電磁界は非常に低い電力密度です。主な自然発生源である**太陽**からの RF 電磁界の強度は、**0.01 mW/m² 未満**です。身近な環境中に見られる RF 電磁界の大半を放射している**人工的発生源**は、**地域社会、家庭、職場**における発生源に分けて考えることができます。

- **地域社会**：この環境中に見られる RF 電磁界の大半は、商用**ラジオ**と**テレビ放送**、および**電気通信設備**によるものです。電気通信設備からの RF 電磁界ばく露はラジオやテレビ放送からのものより一般的に低いです。米国で行われた調査によると、**大都市での RF 電磁界バックグラウンドレベルは約 50 μ W/m²**です。大都市生活者の約1%が **10 mW/m² 以上の RF 電磁界にばく露**されています。高めの RF 電磁界レベルとなるのは、送信局やレーダ設備に近接する地域です。
- **家庭**：家庭内の RF 電磁界発生源には、電子レンジ、携帯電話、盗難警報器、ディスプレイ端末、テレビなどがあります。電子レンジは、元来、高レベル RF 電磁界の発生源ですが、マイクロ波の漏れ制限を定めた製品性能基準が適用されています。全体としては、家電製品からの RF 電磁界バックグラウンドレベルは低く、**数十 μ W/m²**です。
- **職場**：RF 電磁界ばく露のレベルが比較的高いのは、**放送、輸送、通信産業**において作業者が RF 送信アンテナおよびレーダ設備に**接近して**作業する場合です。このような作業グループの一つとして重要なものは**軍人グループ**です。ほとんどの国には、RF 電磁界の民需および軍需使用を管理する厳しい規制があります。

安全基準：RF 電磁界を発生する機器が安全で、かつその使用が他の機器と電磁干渉を起こさないことを確保するために、国際的な基準が採用されています。RF 電磁界に対するばく露制限は、WHO から公式に認められた非政府組織である**国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP)**によって策定されています。ICNIRP のガイドラインは、熱作用および非熱作用を含め、全ての査読された科学的文献のレビューを経て、策定されました。**RF 電磁界の制限値は生活環境中で見られるレベルを十分に上回っています**。その基準は、健康影響をもたらすことが確立されている生物学的影響の評価を根拠としています。国際電磁界プロジェクトの目的は、低いレベルの RF

電磁界ばく露で報告されている生物学的影響が何らかの健康への有害な影響となるか否かを明らかにすることです。もし、そのような健康影響が見出されるならば、人体ばく露の制限値は見直されることになるでしょう。

RF 電磁界ばく露は身体組織に熱を生じさせることがあります。熱を生じさせることは高い周波数範囲（10メガヘルツ以上）の RF 電磁界での主な相互作用です。

国際電磁界プロジェクトが主催した WHO の科学的レビュー（ミュンヘン、1996 年 11 月）の結論は、現在の科学的文献によれば、RF 電磁界ばく露が人の寿命の短縮、がんの誘発または促進を起こすことについての説得力のある証拠はない、というものです。

しかし、同レビューでは、健康リスクのより完全な把握のため、特に低レベルの RF 電磁界ばく露によるがんリスクの可能性について、一層の研究が必要であることも強調しています。

(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)

電磁界と公衆衛生

公衆の電磁界リスク認知

広い意味では、様々なハザードとリスクは、認知されたものであれ真のものであれ、技術の進歩に常に伴うものと考えられてきました。産業、商業、家庭での電磁界（EMF）の応用においても例外ではありません。

世界中の公衆は、高圧電力線、レーダ、携帯電話およびその基地局などを発生源とする電磁界へのばく露が健康への有害な影響、特に小児への影響につながるかも知れないことを懸念しています。その結果、いくつかの国では新たな電力線や携帯電話網の建設が少なからぬ反対にあっています。

多くの国の政府の共通問題となった、このような公衆の懸念に対応して、世界保健機関（WHO）は、電磁界ばく露による生物学的影響を評価し、その健康リスクの可能性を評価する国際電磁界プロジェクトを発足させました。現在 40 以上の国と 6 つの国際組織がこの国際電磁界プロジェクトに関与しています。

最近の歴史を見れば、技術の進歩がもたらす健康影響に関する知識が完全ではないことが、技術革新に対する社会的反対の唯一の理由ではないらしいことは明らかです。科学者、政府、産業界、公衆の間のコミュニケーションにおいて、お互いのリスク認知の相違が適切に考慮されずに軽視されていることも原因です。このため、電磁界に関するリスク認知とリスクコミュニケーションも国際電磁界プロジェクトの範囲として扱います。

健康に対するハザードとリスク：人々のリスク認知を理解する上で、健康ハザードと健康リスクを区別することが重要です。**ハザード**とは人の健康を害する可能性がある物または一連の環境とされます。**リスク**とはある特定のハザードによって人が傷害される見込み（または確率）とされます。

- あなたが思いつく全ての行動にはリスクが伴います。旅行することで自動車、飛行機、列車の事故に遭うかも知れません。家にいることで地震に遭うかも知れません。生きることは概して多くのリスクを伴っています。**リスクが全くない物事はありません。**
- 自動車は健康ハザードの可能性のあるものです。自動車の運転はリスクです。スピードが速くなればなるほど運転はリスクの高いものになります。
- 同様のことが電磁界発生源にも言えます。ある環境下では、電磁界はハザードの可能性のあるものですが、人の健康に対するそのリスクはばく露レベルに依存します。

リスク認知：人があるリスクを取るか拒否するか判断には多くの要因が係わっています。一般的には、人はリスクを無視できる、受け容れられる、我慢できる、受け容れられないなどと認知し、またリスクをその便益と比較します。このようなリスク認知は、**年齢、性別、文化および教育的背景によって左右されます。**

- 例えば多くの若者はスカイダイビングのリスクを受け容れられると判断します。多くの高齢者はそれを危険すぎる、したがって受け容れられないと認知するため、そのようには判断しません。

リスクの性質によって異なったリスク認知になります。調査によると、一般的に以下のような、対立する2つの状況特性がリスク認知に影響を及ぼすことが分かりました。認知されたリスクの大きさを前者は増大させ、後者は減少させる傾向があります。

- **ばく露が自発的でない vs 自発的である** これはリスク認知の重要な要因です。特に電磁界の発生源に対してはそうです。携帯電話を使わない人は、携帯電話基地局が放射する比較的弱い RF 電磁界のリスクを大きいと認知します。しかし、携帯電話使用者は、一般的に、自分が自発的に選んだ携帯電話機から発生するずっと強い RF 電磁界のリスクを小さいと認知します。
- **個人による状況のコントロールが出来ない vs 出来る** 電力線や携帯電話基地局の設置、特に自宅や学校や遊び場に近く of 設置について何も発言権がない場合、そのような電磁界設備からのリスクを高いと認知する傾向があります。
- **熟知していない vs している** 状況を熟知していること、または技術を理解できると感じることで認知されたリスクのレベルは低くなります。電磁界技術のように、技術や状況が新しく、よく知らず、理解しにくい場合、認知されたリスクレベルは上昇します。ある特定の状況や技術による健康影響の可能性について科学的理解が十分でない場合、認知されたリスクレベルは著しく上昇することがあります。
- **影響に恐怖感がある vs ない** がん、重症で治りにくい痛みや障害などの病気や体調は何よりも恐れられます。したがって、電磁界ばく露によるがん、特に子供のがんは、その可能性がたとえ小さくても公衆から大変注目されます。
- **不公平感 vs 公平感** 携帯電話を持っていない人が、携帯電話基地局からの RF 界にばく露されたり、彼らの地域社会に電力供給しない高電圧送電線から電界や磁界のばく露を受けるとなれば、これを不公平と考え、そのような設備に関連するどのようなリスクも受け容れないようになります。

例えば、携帯電話を所有していない人の場合、以下の理由によって、携帯電話基地局からの RF 電磁界へのばく露は大きなリスクと認知されます。

- RF 電磁界への**自発的でない**ばく露に直面すること。
- 少数の携帯電話使用者が便益を得る一方、基地局の設置により地域社会全体が RF 電磁界ばく露を受けるため、**不公平**であること。
- 地域社会にこのようなネットワークが拡大することを**コントロール**できないこと。
- 大半の人にとって、携帯電話技術は**よく知らず**、理解し難いものであること。
- 正確に健康リスクを評価するための**科学的知識が不十分**であること。
- この技術はがんのような**怖い**病気を起こすかも知れないという可能性があること。

地域社会は、住民の健康に影響を与える可能性のある電磁界設備の建設に関してどのような提案や計画があるのかを知る権利があると考えています。

科学者、政府、産業界、公衆の間に、情報公開やコミュニケーションの効果的なシステムが確立されない限り、新しい電磁界技術は信用されず、怖れられるでしょう。

電磁界技術の開発は、その健康影響の可能性についての適切で調整された研究と組み合わせて進めるのがよいでしょう。これは、WHO の国際電磁界プロジェクトの重要な目的の一つです。

(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)

電磁界と公衆衛生

ビデオディスプレイ装置 (VDUs)

大量生産されたビデオディスプレイ装置 (VDUs) が職場に導入されてから 30 年以上経過しました。この装置はビデオディスプレイ端末 (VDTs) と呼ばれ、一般的にはコンピュータの表示装置のことです。急速なコンピュータの普及により、職場や家庭での VDU の使用が飛躍的に増加しました。西暦 2000 年までに北米の労働人口の 60% が VDU を使用し、また全世界で 1 億 5 千万台以上の VDUs が稼働しているでしょう。

VDUs とは何か？

VDU は本質的にはテレビ型モニターですが、テレビ放送信号からの情報ではなく、コンピュータからの情報を表示します。典型的な VDU は、陰極からの高エネルギー電子ビームを方向を変えながら蛍光体被覆されたガラス画面上に当てることにより、大きなブラウン管 (CRT) に画像を描きます。電子が高速で衝突するとこの被覆面は光を発します。コンピュータ信号が CRT 背面に置かれたコイルを制御して電子ビームを水平および垂直方向に掃引させることで、コンピュータ信号がもつ画像が描き出されます。これらのコイルは水平および垂直偏向コイルと呼ばれます。画像の描出に用いられる電子回路から、静電界および静磁界と低周波および高周波の電磁界が発生します。

放射線と電磁界

VDUs から放射される電界および磁界、光にはほとんど全ての電磁界スペクトラムが含まれています。放射される光は紫外線 (UV)、可視光、赤外線 (IR) を含んでいます。可視光は VDU が生成しようとする画像の形で現れます。IR は VDU から放散される熱として現れます。非常に微量の UV がブラウン管から放射されますが、冬に窓越しに入ってくるよりもはるかに少ない量です。

3 種類の周波数範囲の電界および磁界が放射されます。第一に、水平偏向コイルから 15-35 キロヘルツの周波数範囲の電磁界が主に放射されます。第二に、電源、トランス、垂直偏向コイルから 50 または 60 ヘルツの超低周波 (ELF) 電磁界が放射されます。第三に、VDU 内部の電子回路およびコンピュータ信号から弱い、やや高周波の無線周波 (RF) 電磁界が放射されます。

静電界も発生しています。画面前面に電子が衝突することで蓄積された電荷により、特に湿度が低い場合に発生します。加えて、高音のノイズとして感知される高周波数の音または超音波が水平偏向回路を主体とした種々の VDU 構成部品から放射されます。

非常に低いエネルギーのエックス線が CRT 内部で生成されますが、ガラス画面は十分に厚いので、CRT 内部から外に漏れる以前に完全に吸収されます。

健康への関心

職場に VDU が導入された当初、頭痛、めまい、疲労、白内障、妊娠への有害な影響、皮膚発疹といった多くの健康上の訴えの原因として VDU に疑いがもたれました。電磁界が何らかの健康影響をもたらすか否かを明らかにするために多くの科学研究が行われました。WHO や他の研究組織は、室内空気質、職務関連ストレス、VDU 使用時の姿勢や腰掛け方といった人間工学的問題などを含めた様々な要因をレビューしました。それらの研究から(以下を参照)、VDU 作業に関連した健康影響の決定因子は、VDUs からの電磁界放射ではなく、作業環境である可能性が示されました。科学的知見の概要は以下の通りです。

妊娠への有害な影響

オーストラリア、欧州、北米において、妊娠への有害な影響が見られたいくつかのクラスタ（集積）が注目され、VDU 作業が妊娠に影響を与えるかも知れないとの指摘が 1970 年代末に出されました。これらのクラスタは、VDUs 作業を行い、かつ異常に高い発生率で流産または奇形児出産を経験した妊婦群でした。これにより、北米と欧州で多くの疫学研究と動物実験が行われることになりました。全体として、これらの研究が VDUs からの電磁界による生殖過程への影響を明らかに示すことはありませんでした。しかし、もし生殖に影響があるとしたら、それは職務ストレスなどその他の作業要因に関連するかも知れないと、これらの研究は示唆しました。

眼への影響

白内障や他の眼の疾病と VDU 作業との間に関連は全く見出されませんでした。VDU 画面からのグレア（まぶしい光）および反射が、極端な状況において眼の緊張や頭痛の原因になることが確認されています。

皮膚への影響

発疹やかゆみといった皮膚症状の増加については、特にスカンジナビア諸国で研究されてきました。しかしながら、これらの症状は VDUs からの電磁界放射と関連しませんでした。こうした症状を持つ人を対象に行われた実験室検査で、その人達の症状は電磁界ばく露の結果生じたものではないことが示されました。

ほかの因子

研究者は室内作業環境に関連する種々の要因を調べました。これには、室内空気質、室温、不適切な照明による眼の疲労、人間工学的に不適切な作業場所などが含まれます。人によっては頭痛やめまい、筋・骨格系の不快感を経験しました。VDUs 作業に適切な作業環境と人間工学的対策が導入されれば、これらの症状の多くは予防可能です。正しい姿勢を取らせ、筋肉や眼の緊張、ストレスとなるその他の緊張を減じようするために、設備、照明、その他の環境面を設計することはその対策の一つです。

以上の結論は国際非電離放射線防護委員会(ICNIRP)、国際労働機関(ILO)および WHO が行ったレビューと一致しています。

防護手段

VDUs から放射される電磁界による健康への有害な影響への不安は、それらに対する防護手段になると思わせた製品を普及させることになりました。VDUs 使用時に用いる特製エプロン、

画面遮蔽材、“電磁放射吸収”装置などがあります。いずれにしても、これらのものは VDU からの放射に対して何ら防護効果を持ちません。元来、VDU からの電磁界放射は各国の基準や国際基準で許容されているばく露制限値よりもはるかに低い値にすぎないため、たとえこれらのものが放射を低減させることができたとしても、実際的な価値はありません。眼の緊張の原因となるグレアを低減させるスクリーンを除き、防護用品の使用を WHO は推奨していません。国際労働機関（ILO）も同様に電磁界放射の低減を目的とした防護用品の使用を推奨していません。

詳細資料

WHO の国際電磁界プロジェクトは、電磁界ばく露と健康の様々な側面に関する WHO ファクトシートとリンクしているホームページを持っています。このホームページは国際電磁界プロジェクトの出版物、科学的活動や広報活動の詳細な情報も提供しています。WHO 国際電磁界プロジェクトのホームページ<http://www.who.int/emf/>にアクセスして下さい。

以下の参考文献は、VDU に関してより詳細な情報を提供しています。

- *Visual Display Terminals and Workers' Health*, WHO Offset Publication No. 99, World Health Organization, Geneva 1987. (WHO 出版物「ディスプレイ端末と作業者の健康」)
- *Electromagnetic Fields 300 Hz-300 GHz*, WHO Environmental Health Criteria No. 137, World Health Organization, Geneva 1993. (WHO 環境保健クライテリア第 137 巻「300Hz から 300GHz までの電磁界」)
- *Visual Display Units: Radiation Protection Guidance*, Occupational Safety and Health Series No. 70, International Labour Office, Geneva, 1994. (国際労働機関 職場の安全と健康シリーズ第 70 号「ディスプレイ装置：放射防護ガイダンス」)
- Matthes, R. editor: *Non-Ionizing Radiation: Proceedings of the Third International Non-Ionizing Radiation Workshop*, Baden, Austria, ICNIRP, 1996. (国際非電離放射線ワークショップ「非電離放射線」)

(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)

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材料で遮蔽されます。

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(μ 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($10,000\text{ G} = 1\text{ T}$ 、 $1\text{ G} = 100\mu\text{T}$ 、 $1\text{ mT} = 10\text{ G}$ 、 $1\mu\text{T} = 10\text{ mG}$)。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

ィアを最大 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、よりのめを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。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)

電磁界と公衆衛生

レーダと人の健康

レーダシステムは、航空機、船舶、その他の通常は動いている物体の存在、方向、大きさを探知します。高周波電磁界（EMF）のパルスを送ることによって探知がなされます。60 年ほど前に発明されて以来、レーダシステムは航海、航空、国家防衛、気象予報など広く使われてきました。このシステムの主な目的は個人や集団の安全および防護です。

レーダの周辺に住む人々やそこで日常的に働く人々は、がん、生殖機能障害、白内障、小児の行動や発育の変化などレーダシステムによる健康への有害な長期的影響について懸念を示しています。最近の例としては、速度取り締まり用の手持型レーダガンを使用する警察官で精巣がんが増加するらしいと言われたことがありました。

レーダがもたらす危険について、認知している危険と実際の危険を区別すること、および現行の国際基準や今日使われている防護対策の根拠を理解することが重要です。

電磁界放射：レーダは通常 300 メガヘルツから 15 ギガヘルツの間の無線周波数（RF）で動作し、RF 電磁界と呼ばれる電磁界を発生します。電磁界スペクトルのこの範囲にある RF 電磁界は人体と様々に相互作用することがわかっています。

10 ギガヘルツ以下（1 メガヘルツまで）の RF 電磁界は、ばく露された組織に浸透しエネルギー吸収による熱を生じます。浸透の深さは周波数によって変わり、周波数が低い方が深くなります。組織における RF 電磁界の吸収は、ある一定の組織塊での比吸収率（specific absorption rate :SAR）で測定されます。SAR の単位はキログラム当たりのワット(W/kg) です。SAR は、約 1 メガヘルツから 10 ギガヘルツの間の RF 電磁界の「ばく露量」を測るために使われる物理量です。

- この周波数範囲の RF 電磁界にばく露された人々に、これまででわかっている健康への有害な影響を生じさせるには少なくとも 4 W/kg の SAR が必要です。

10 ギガヘルツを超える RF 電磁界は皮膚の表面で吸収され、その下の組織に浸透するエネルギーはごくわずかです。10 ギガヘルツを超える RF 電磁界のばく露測定の基本的な物理量は電力密度として測定される電磁界の強さです。電力密度は平方メートル当たりのワット (W/m²) または弱い RF 電磁界の場合、平方メートル当たりのミリワット(mW/m²) やマイクロワット(μW/m²) ので表されます。

- 10 ギガヘルツを超える RF 電磁界への 1000 W/m² 以上の電力密度のばく露は、眼球の白内障や皮膚の熱傷など有害な健康影響を及ぼすことがわかっています。

人体ばく露：レーダシステムの放射電力は、数ミリワット（警察の速度取り締まりレーダ）から何キロワットのもの（宇宙用追跡レーダ）まで様々です。しかし、レーダシステムからの RF 電磁界への人体ばく露は、多くの要因によって大幅に（少なくとも 100 分の 1 になることも多い）小さくなります。

- レーダシステムは、非連続的にパルスとして電磁波を送信します。このため平均放射電力は電力パルスのピーク値よりかなり低くなります。
- レーダには方向性があります。また発生した RF エネルギーは非常に細い、スポットライトの光線のようなビームの中に封じ込められます。メインビームから離れると RF レベルは急速に弱まります。ほとんどの場合、メインビームより**数千分の 1 の低い**レベルです。
- 多くのレーダにはアンテナがあり、それらは間断なく、回転や前後に傾く動きによる仰角の変化をさせながら、ビームの方向を常に変えています。
- 危険な人体ばく露が起り得る区域への許可のない立入りは禁止されています。

レーダの発生源：日常生活でよく目にするレーダの種類には以下のものがあります。

航空管制レーダ は、航空機の位置の追跡、空港での着陸管制に使われています。それらは一般的に通常、ビームが地上の人には届かないような仰角で設置されています。典型的な航空管制レーダは 100 kW またはそれ以上のピーク電力であることもありますが、平均電力は数百ワット程度です。通常の動作条件下では、これらのシステムが一般の人々に対してハザード（傷害）を与えることはありません。

気象レーダ は、空港のはずれに航空管制レーダと一緒に設置されることがよくあります。航空管制レーダより周波数は高いですが、平均電力やピーク電力は一般には低いです。航空管制レーダと同じく、通常の動作条件下では、これらのシステムが一般の人々に対してハザードを与えることはありません。

軍用レーダ は、数も多く、種類も豊富です。大きなピーク電力（1 MW またはそれ以上）と平均電力（kW）をもつ大規模設備から、典型的には航空機に装備される小型の射撃統制レーダまで多様です。大型レーダは、その周辺住民に関心を引き起こします。しかし、広い表面から電力が放射されるため、レーダシステムに関連した電力密度は敷地の境界の内側で 10 から 100 W/m² 間で変化します。境界の外側の RF 電磁界レベルは精巧な測定器以外では測定不能なほど低いものです。しかし、航空機に装備されている小型の射撃統制レーダは地上の軍人にとって危険となるかもしれません。これらの装置は比較的高い平均電力(kW)をもち、アンテナの面積も小さいので、最大 10 kW/m² の電力密度を有することが可能です。このレーダの地上テスト中、全ての軍人はテスト区域への立入を禁止されるため、一般の人々がこのような放射にばく露されることはありません。この他に以下に述べられる種類のレーダのほとんどを軍用としても使用します。

海洋レーダ は、小型のプレジャーボートから大型の海洋船舶までに装備されています。これらシステムのピーク電力は 30 kW にまで達することがあり、平均電力は 1 から 25 W です。通常の動作条件下で、かつアンテナが回転していれば、比較的高い電力のシステムでもアンテナの 1 メートル以内の平均電力密度は 10 W/m² 以下です。ほとんどの船舶が立ち入る可能性のある区域では、このレベルは現行の RF 電磁界の公衆ばく露基準値の数パーセントにまで低下します。

自動車速度取り締まりレーダは、多くの国で警察官が手で保持しています。平均出力（電力）は非常に低く、数ミリワットですので、身体のごく近くで使用した時でさえ、この装置が健康にとって危険があるとは考えられていません。

健康影響の可能性：今日までに行われた研究の大半は、がん以外の健康影響を調べています。それらは生理学的反応や体温調節反応、行動変化、比較的高レベルの RF 電磁界への急性ばく露後に誘導される水晶体の濁り（白内障）や生殖への有害な影響などを調査しています。その他には、測定され得る程度の温度上昇は伴わない非熱作用を報告した研究もある程度数あります。

がん関連研究：多くの疫学研究は、RF 電磁界へのばく露とがんの過剰リスクとが関連する可能性の調査を取り扱いました。しかし、研究のデザインおよび実施方法の違いがあるため、それらの研究結果の解釈は困難です。かなりの数の国内レベル、国際レベルの文献レビューグループの結論は、RF 電磁界へのばく露とがんの過剰リスクとの関連性を示す明確な証拠はないというものです。また WHO も、RF へのばく露が人の寿命を短くすること、または RF 電磁界ががんの誘発因子または促進因子であることを示す説得力のある科学的証拠はないとの結論を出しています。ただし一層の研究が求められます。

熱作用：RF 電磁界について動物（霊長類を含む）実験で研究が行われました。RF 電磁界レベルの上昇とともに動物にみられる健康影響として最初に表れるのは、忍耐力減少、RF 電磁界に対する嫌悪感、精神的作業の遂行能力低下です。またこれらの研究は、身体組織の温度が 1°C 以上上昇するような RF 電磁界への全身ばく露または局所的ばく露を受けた人に有害な影響が生じ得ることを示しています。このような可能性のある影響としては、白内障の誘発、および体温上昇につれて見られる様々な生理学的反応と体温調節反応があります。これらの影響は十分に確立されているため、RF 電磁界への職業的ばく露および公衆ばく露を制限する科学的な根拠となっています。

非熱作用：熱が発生しないレベル（すなわち、非常に低い SAR 値）の RF 電磁界へのばく露は、細胞の情報伝達に重要な関わりをもつカルシウムイオンの移動を変化させるという報告がいくつかの研究グループから出されました。しかし、これらの影響は十分に確立されていないため、人体ばく露を制限する根拠となりません。

RF パルス電磁界：レーダに用いられるものと同様の、非常に強いパルス状の RF 電磁界へのばく露は、覚醒時のマウスの驚愕反応を抑制し、体動を促すと報告されています。加えて、正常な聴力の人は約 200 メガヘルツから 6.5 ギガヘルツの周波数の RF パルス電磁界を感知します。これを**マイクロ波ヒアリング効果**といいます。聞こえる音は、RF パルスの特性によって、ザーザー、カチカチ、シューシュー、ポンポンなどと表現されています。長時間のばく露や繰り返しのばく露はストレスを生じるかも知れず、できる限りの回避が望ましいでしょう。

RF による感電や熱傷：100 メガヘルツ以下の周波数では、レーダ付近にある金属製物体の表面に誘導された電荷によって熱傷や感電が起きる可能性があります。RF 電磁界中に立っている人は、足首のような小さな断面積の身体部位で RF 電磁界の局所的吸収が高まることがあります。一般的には、近年のレーダシステムは狭いビーム幅を組み合わせ、これより高い周波数で動作しているため、そのような影響の可能性は非常に小さなものです。

電磁干渉：レーダは他の電子機器と電磁干渉を起こすことがあります。多くの場合、このような影響の閾値は RF 電磁界への人体ばく露の指針レベルを十分に下回ります。加えて、レーダは心臓ペースメーカーや補聴器など特定の医療機器とも干渉を起こすことがあります。そのよ

うな機器を装着した人がレーダシステムに**接近した場所**で作業している場合は、その製品が電磁干渉をどの程度受ける可能性があるかについて製造者に問い合わせるのが望ましいでしょう。

引火性液体および爆発物の発火：RF 電磁界は、電流の誘導によって引火性液体や爆発物を発火させることがあります。このようなことは滅多に起きませんし、通常は軍艦上のように多くのレーダが集中している場所で最も重大な問題となりますが、その防止対策は行われています。

国際基準：RF 電磁界ばく露の制限値は、国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) のような国際組織によって策定されます。ICNIRP は WHO によって公式に承認された非政府組織です。ICNIRP は、WHO との連携で作成した健康リスク評価を用いて、ばく露制限に関する独自のガイドラインを草案します。ICNIRP のガイドラインは、**確立された全ての RF 電磁界の健康影響**を防護するものであり、がんおよび非熱作用に関する報告を含む全ての査読された科学文献をレビューした上で策定されます。一般公衆が通常に立ち入る可能性のある区域におけるレーダからの RF 電磁界の環境中レベルは、ICNIRP のガイドラインで許容される連続的な公衆ばく露の制限値を少なくとも 1000 倍は下回り、既知の健康影響を起こす最も低いレベルとして確立されているばく露レベルを 25,000 倍下回ります。

防護措置：防護措置の目的は、RF 電磁界への人体ばく露を取り除くこと、または許容制限値以下にまで低減することです。効果的な防護措置と一体化した、測定調査とハザードに関するコミュニケーションに関する広範なプログラムが全てのレーダ設備の周辺地域に必要です。ほとんどの国では、レーダシステムの建設に先だって、環境影響評価書を含めた包括的な文書が作成されます。

レーダ施設の建設後は、その地区の RF 電磁界レベルを定量化するために現地調査が行われることになります。レーダに向いた最前面では極めて高い RF 電磁界レベルが測定されますが、公共区域でのレベルはほとんどの場合、容易には測定ができないほど低いものです。RF 電磁界レベルが制限値を上回る区域へ労働者や公衆が立ち入らないようにするために、技術的および管理的な制御が行われます。

- 技術的制御には、インターロック、特定の場所にレーダが向くことを避けるための電子工学的な方法、遮蔽があります。
- 管理的制御には、聴覚・視覚的な警報、警告標識、柵による立ち入り制限、施錠された扉、レーダへの接近時間の制限があります。

技術的、管理的制御が十分でない場合、ばく露基準のコンプライアンスを確保するために、作業者は個人用防護用具を用いることになります。導電性スーツ、手袋、安全靴、その他の RF 電磁界に対する個人用防護用具が商品化されており、入手可能です。

- この防護用具に使われている材料の減衰特性は周波数によって大幅に変化するため、十分に配慮してそれら用具を使用しましょう。問題になっている周波数におけるその用具の減衰特性を知って初めてその用具は信頼して利用できます。
- 金属は受信アンテナとなって局所的に RF 電磁界を増強させる恐れがあるため、RF 用安全メガネには特に注意を払いましょう。
- レーダからの RF 電磁界に対して、一般の人が防護用具の使用を必要とするようなばく露状況はありません。

- 近年、RF 電磁界の遮蔽特性があるとする衣服や物品が、妊婦など一般市民の中で「敏感な」人々向けに消費者市場に出現しています。この類の製品を使用することは必要ありませんし、やめさせるのがよいでしょう。それらは有効な RF 電磁界遮蔽効果を示しませんし、またこのような用具の必要性はありません。

レーダシステムから放射される電磁界への人体ばく露は、現在の科学的証拠に基づき採択された国際基準および防護対策によって制限されています。概要は以下の通りです。

- RF 電磁界は、身体組織の分子を振動させ、熱を発生させます。レーダのアンテナに向いた最前面に長時間留まれば熱作用が起きると思われますが、レーダシステムからの RF 電磁界の環境レベルではそのようなことは起こり得ません。
- 何らかの健康への有害な影響を起こすためには、閾値を上回る RF 電磁界ばく露がなくはありません。身体組織の温度を少なくとも 1℃上昇させるようなばく露が、その閾値であることが分かっています。環境中のレーダシステムからの非常に低い RF 電磁界レベルでは、いかなる意味のある温度上昇も起き得ません。
- 今日まで、閾値以下の RF 電磁界に何回もばく露されることにより健康への有害な影響が生じることを示す証拠は見出されていません。低いレベルの RF 電磁界に繰り返しばく露されることにより身体組織に損傷が蓄積されることはありません。
- 現時点では、国際基準の制限値以下の RF 電磁界レベルにばく露された人にがんを含む健康への有害な影響が起き得るという実質的な証拠はありません。ただし、知識の欠落している部分を埋めるために一層の研究が求められます。

(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)

電磁界と公衆衛生

ELF 電磁界とがん

1996 年に世界保健機関（WHO）は、電磁界へのばく露に伴う健康問題に取り組むため、国際電磁界プロジェクトを立ち上げました。国際電磁界プロジェクトは現在、静的および超低周波（ELF）電界および磁界へのばく露の研究結果のレビューとリスク評価を行っています。WHO は ELF 電磁界による全ての健康影響評価を 2002～2003 年に行う計画です。

電気が送電線、配電線を通じて伝えられる時、または電気機器で使用される時は常に電線や電気機器の近くに電界と磁界が発生しています。用いられている商用周波数は 50 または 60 ヘルツです。電気の使用は毎日の生活の一部となっています。しかしながら、商用周波および他の ELF 電磁界に発がん性があるか否かに関して疑問が提起されています。

国際がん研究機関（IARC）－WHO のがん研究の専門機関－はこのほど、ELF 電磁界がヒトにがんを引き起こす可能性についての証拠の強さに基づいて、ELF 電磁界を分類するという WHO の健康リスク評価プロセスの第一段階を実施しました。

このファクトシートは、IARC（2001 年 6 月）およびオランダ保健審議会（2001 年 5 月）、英国放射線防護局専門家諮問部会（AGNIR）（2001 年 3 月）によって実施された静的および ELF の電界および磁界の健康影響に関する最近のレビューの知見の最新情報を提供するものです。

IARC 評価

2001 年 6 月、IARC の科学専門家作業部会は静的および ELF の電界および磁界の発がん性に関する研究をレビューしました。ヒト、動物および実験の証拠に重み付けして評価するという IARC の標準的分類法を用い、小児白血病に関する疫学研究結果に基づき、ELF 磁界をヒトに対して発がん性があるかも知れない；Possibly carcinogenic to humans に分類しました。小児と成人のその他の全てのがんに関する証拠、およびばく露のその他の種類（即ち静的な電界および磁界と ELF 電界）は、科学的情報が不十分または一貫性がないため分類できないと見なされました。

「ヒトに対して発がん性があるかも知れない」は、ある因子がヒトへの発がん性に関する限定的な証拠があり、動物実験での発がん性に関して十分な証拠がない場合に、その因子に対して用いられる分類です。

この分類は、公表された科学的証拠に基づき、IARC が潜在的な発がん性を分類する際に用いる 3 つの分類（「ヒトに対して発がん性がある」、「ヒトに対して恐らく発がん性がある」、「ヒトに対して発がん性があるかも知れない」）のうち最も弱いものです。これまでに IARC が分類した良く知られた因子の中からいくつかの例を下記の一覧で示します。

分類	因子の例
ヒトに対して発がん性がある (通常、ヒトでの発がん性を示す強い証拠に基づく)	アスベスト マスタードガス たばこ(たばこと喫みたばこ) ガンマ線
ヒトに対して恐らく発がん性がある (通常、動物での発がん性を示す強い証拠に基づく)	ディーゼルエンジン排ガス 太陽灯 紫外線 ホルムアルデヒド
ヒトに対して発がん性があるかも知れない (通常、信頼できると見なされたヒトでの証拠に基づくが、その証拠について他の説明を排除することができない場合に用いられる)	コーヒー スチレン ガソリンエンジン排ガス 溶接蒸気 ELF 磁界

ELF 電磁界はがんを引き起こすか？

ELF 電磁界は身体組織に電界と電流を誘導することによって身体組織と相互作用することが知られています。これは ELF 電磁界の作用のメカニズムとして確立された唯一のものです。しかし、我々の環境で一般的に見られる ELF 電磁界によって誘導される電流は、心臓の拍動を制御する電流など体内に生理的に発生している電流の最大値に比べ、通常ははるかに低いものです。

疫学研究が商用周波磁界へのばく露と小児がんについての懸念を初めて喚起した 1979 年以降、正確に測られた ELF 電磁界ばく露ががんの発生、特に小児白血病の発生に影響するか否かを確定するために多くの研究が行われてきました。

私たちの生活環境中で遭遇するような ELF 電磁界へのばく露が DNA を含む生体内の分子に直接的損傷を与えるという証拠はありません。ELF 電磁界ががんを発生（イニシエーション）させるとは考えにくいと、多くの研究は ELF 電磁界ばく露ががんの促進（プロモーション）や共促進（コプロモーション）に影響を及ぼすか否かを確定するために実施されています。これまで行われた動物研究の結果は ELF 電磁界ががんを発生させたり促進させたりしないことを示しています。

しかしながら、最近の 2 つの疫学研究プール分析が疫学的証拠に関する洞察を提供し、これが IARC の評価において極めて重要な役割を果たしました。これらの研究は、0.3–0.4 マイクロテスラを上回る平均磁界にばく露された群において、それより低いばく露であった群に比べ、2 倍の数の小児に白血病が発生するかも知れないことを示唆しています。多くのデータベースにも関わらず、小児白血病の発生率上昇を説明し得るものが磁界ばく露であるか、または他の何らかの因子であるかについて不確かさが残っています。

小児白血病は、1 年間に新規診断されるのは 0–14 歳の小児 100,000 人当たり 4 人という稀な疾病です。また、居住環境において平均で 0.3 または 0.4 マイクロテスラを上回る磁界にばく露されるのも稀なことです。このようなレベルにばく露されるのは、240 ボルト電源を使用している住民の 1% 以下であることが疫学研究結果から推定されています。(120 ボルト電源を使用している国では、この割合はやや高くなるかも知れません)。

IARC のレビューは、ELF 電磁界ががんリスクをもたらすことはあり得るか否かの問題を取り扱います。次の段階は、通常のばく露による一般住民でのがん発生の確率を見積もること、お

よび他の（がん以外の）疾病についての証拠を評価することです。リスク評価のこの部分は WHO によって今後 18 ヶ月で完了する予定です。

国際的なガイドライン

あらゆる電磁界に対するばく露制限の国際的ガイドラインは国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）－ ICNIRP は WHO と公式に連携する非政府組織（NGO）であり、WHO 国際電磁界プロジェクトのパートナーが策定しています。電磁界ばく露に関する ICNIRP ガイドラインはあらゆる科学の包括的レビューに基づいていますが、制限値は短期の急性ばく露に関する健康影響を防止することを目的としています。なぜならば、ELF 電磁界の潜在的な発がん性に関する科学的な情報は、定量的なばく露制限値を確立するには不十分であると ICNIRP は判断しているからです。

いくつかの国の対応

「発がん性があるかも知れない」に分類された因子に対する規制政策は国によって、また個々の因子によって様々です。ある因子についての IARC の発がん性評価と分類が自動的にある国での規制の動きを開始させることはありません。ガソリンエンジン排ガスおよびコーヒーは「ヒトに対して発がん性があるかも知れない」に分類されており、ガソリンエンジン排ガスを低減するために政府は重要な対応をとりました。しかし、コーヒーの摂取を制限するために何かを試みたことはありません。

電磁界ばく露の健康影響に関する公衆の関心増大に対応するために、いくつかの国は IARC の評価に先立ち独自の科学的レビューを確立しました。既に 1998 年に、米国国立環境健康科学研究所（NIEHS）の本問題の調査作業部会は ELF 磁界を「ヒトに対して発がん性があるかも知れない」に分類しました。それ以降、米国政府当局は「受け身の規制行動」、すなわち、公衆に対しては情報提供と教育を継続しつつ、電力会社に対しては可能な範囲でばく露を自発的に低減するよう促すこと、を推奨しています。

英国では最近、非電離放射線諮問部会（AGNIR）が英国放射線防護局（NRPB）に対し、商用周波の電磁界とがんリスクに関する報告書を提出しました（AGNIR 2001）。この報告書の結論は、現在の証拠は電磁界が小児に白血病を引き起こすという確固たる結論を正当化できるほど十分に強いものではないものの、強い磁界への長期のばく露が小児の白血病リスクを増加させる可能性は残るとしています。さらに諮問部会は研究についての推奨も提供しました。オランダ政府の主要な科学諮問組織であるオランダ保健審議会も同様な結論に達しました。

WHO の対応

ELF 磁界は「ヒトに対して発がん性があるかも知れない」に分類されましたが、ELF 磁界へのばく露と小児白血病との間に観察された関連性についてその他の説明がある可能性があります。特に、疫学研究における選択バイアスの問題や他の種類の電磁界へのばく露は厳密に調べる価値がありますし、新たな研究が必要とされるでしょう。したがって、WHO はより決定的な情報を提供するようなものを絞ったフォローアップ研究プログラムを推奨します。これらの研究のいくつかは現在進行中であり、結果は 2～3 年後になる見込みです。

WHO の国際電磁界プロジェクトの目的は、電気技術の便益と健康リスクの可能性との比較検討、およびどのような防護対策が必要となるかの判断について各国当局を支援することです。

ELF 電磁界に対する防護対策はとりわけ提唱が難しい問題です。その理由は、たとえこの影響の原因が ELF 磁界であったとしても、ELF 電磁界のどのような特性が小児白血病の発生に関係するのか、どのような特性を低減する必要があるのか分かっていないからです。一つの方法は、費用対効果を考えながら ELF 電磁界へのばく露の低減を目指した自発的な政策をとることです。これについては 2000 年 3 月発行の WHO 背景説明資料で議論しています。

プレコーショナリ対策の概要は以下の通りです：

- **政府と産業界：**これらの組織は最新の科学の進展を認識し、公衆に対して電磁界のリスクの可能性に関するバランスのとれた分かりやすい包括的な情報提供とばく露を低減するための安全で低コストの方法の提案を行うべきです。また、これらの組織は健康リスク評価に資するよりよい情報が得られるような研究を推進するべきです。
- **個人：**公衆の一人一人は特定の電気機器の使用を最小限にすること、または比較的高い電磁界の発生源からの距離を大きくすることによって自らの電磁界ばく露を減らすことを選択してもよいでしょう。
- **新しい電力線の設置の決定における地方自治体、産業界、公衆の協議：**言うまでもなく電力線は消費者への電力供給のために設置されなければなりません。設置の決定では、景観や住民感情に配慮することがしばしば要求されますが、人々のばく露を減らす方法も考慮すべきです。
- **健康に関する情報とコミュニケーションの効果的システム**を科学者、政府、産業界、公衆の間に設けることは、ELF 電磁界ばく露に対処するためのプログラムに対する一般の認識を高め、不信や心配を減らすのを促進するために必要です。

詳細資料

- AGNIR (2001) Advisory Group on Non-Ionising Radiation, Power Frequency Electromagnetic Fields and the Risk of Cancer. National Radiological Protection Board (UK) 2001. (英国放射線防護局非電離放射線諮問部会「電力周波電磁界とがんのリスク」)
- Health Council of the Netherlands (2001). Electromagnetic fields: Annual Update 2001. (オランダ保健審議会「電磁界」：年次更新)
- 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」)
- Portier CJ and Wolfe MS (eds.), National Institute of Environmental Health Sciences of the National Institute of Health. Assessment of health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields. NIEHS Working Group Report, Research Triangle Park, NC, USA, NIH Publication No. 98-3981, 1998. (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」)
- Repacholi M and Greenebaum B (eds.), Interaction of static and extremely low frequency electric and magnetic fields with living systems: health effects and research needs. Bioelectromagnetics 1999; 20: 133-160. (総説論文「静的および超低周波の電界および磁界と生体との相互作用：健康影響および研究ニーズ」)

- WHO Backgrounder on Cautionary Policies, March 2000. (WHO 背景説明資料「コーショナリ政策」)

(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)

電磁界と公衆衛生

電磁過敏症

社会の工業化や技術革新の進展により、電磁界（EMF）の発生源の数と種類には未曾有の増加がみられています。こうした発生源には、コンピュータのディスプレイ装置（VDUs）、携帯電話とその基地局などが含まれます。これらの装置は、我々の生活を豊かにし、安全にし、便利にしてきた一方で、装置からの電磁界放射による健康リスクの可能性に対する懸念ももたらしました。

長い間、多くの個人が、自分では電磁界ばく露に関連があると思う様々な健康問題を報告しています。軽い症状であり、できるだけ電磁界を避けることで対応していると報告する人もいれば、影響が深刻なため仕事を辞め、生活スタイル全体を変えることにしたと報告する人もいます。このような電磁界に対する敏感さとされる症状は、一般的には「電磁過敏症」または EHS と呼ばれてきました。

このファクトシートは、状況に関して分かっていることを述べ、そのような症状の人々に役立つ情報を提供します。提供する情報は、WHO の電気過敏症ワークショップ（プラハ、チェコ共和国、2004）、電磁界と非特異的健康症状に関する国際会議（COST244bis, 1998）、欧州委員会報告書（Bergqvist と Vogel, 1997）、および最新の文献レビューに基づいています。

EHS とは何か？

EHS は様々な非特異的症状が特徴であり、悩まされている人々はそれを電磁界へのばく露が原因と考えています。最も一般的な症状は、皮膚症状（発赤、チクチク感、灼熱感）、神経衰弱性および自律神経性の症状（疲労、疲労感、集中困難、めまい、吐き気、動悸、消化不良）などです。症状全体は、承認されているどの症候群の一部でもありません。

EHS は、多重化学物質過敏状態（化学物質過敏症、MCS）、即ち化学物質への低レベル環境ばく露に関する障害、とよく似ています。EHS も MCS も、明らかな毒性学的または生理学的根拠、または独立した検証がない一連の非特異的症状が特徴です。環境因子に対する感受性に用いるさらに広義の用語は本態性環境不耐症（IEI）で、この用語は WHO の国際化学物質安全性計画（IPCS）が 1996 年にベルリンで開催したワークショップで初めて考え出されました。IEI は化学的病因論、免疫学的敏感度、電磁界感受性の意味を何ら含まない記述語です。IEI は、人々に不都合な影響を与える、医学的には説明できない非特異的症状という点で共通性がある多くの障害を取り込んでいます。しかし、EHS という用語が一般的に用いられているので、ここでもこの用語を用いることにします。

有症率

一般の人々における EHS の有症率の推定値は非常に幅広くばらついています。ある産業医学センターの調査では、人口 100 万人当たり数人と推定しました。しかし、ある自助グループの調

査では、それよりかなり高い推定値を導き出しました。報告された EHS 症例の約 10%は重症と考えられています。

また、EHS の有症率や報告される症状にはかなりの地理的なばらつきもあります。報告された EHS の有症率は、英国、オーストリア、フランスよりもスウェーデン、ドイツ、デンマークで高くなっています。欧州の他の国に比べ、スカンジナビア諸国では VDU 関連症状の有症率が高く、皮膚症状に比較的多く関連しています。EHS の人々が報告する症状に似た症状は一般の人々においてよく見られます。

EHS の人々に関する研究

EHS の人々を、その人が自分の症状の原因と考えるものと同様の電磁界にばく露させる研究が多く行われました。研究目的は、制御された実験条件下で症状を起こさせることでした。

EHS でない人々に比べ、EHS の人々はより正確に電磁界ばく露を検知できることはないことを大半の研究は示しています。また、十分に制御され、ダブルブラインド法により実施された研究から、症状が電磁界ばく露と関連しないことが示されました。

一部の EHS の人々が体験する症状は、電磁界とは無関係の環境因子により起きている可能性が指摘されています。例えば、蛍光灯の「ちらつき」、VDUs の眩しさや他の視覚的問題、人間工学的な配慮を欠いたコンピュータ作業場所の設計などが考えられます。その他に関与するかも知れない要因として、屋内空気質の悪さおよび職場や生活環境でのストレスがあります。

これらの症状は、電磁界ばく露そのものではなく、以前から存在する精神医学的状态、および電磁界の健康影響を恐れる結果としてのストレス反応によるものかも知れないという示唆もあります。

結論

EHS は、人によって異なる多様な非特異的症状が特徴です。それぞれの症状は確かに現実のものですが、それらの重症度はまちまちです。EHS は、その原因が何であれ、影響を受けている人にとっては日常生活に支障をきたす問題となり得ます。EHS には明確な診断基準がなく、EHS の症状を電磁界ばく露と結び付ける科学的根拠はありません。その上、EHS は医学的診断でもなければ、単一の医学的問題を表しているかどうか不明です。

臨床医：影響を受けている人の治療は、職場や家庭の電磁界の低減や除去を求める認知上の要求ではなく、健康症状と臨床像に主眼を置くべきです。そのために以下のことが必要です。

- 症状の原因かも知れない特定の身体状態を同定・治療するための医学的評価。
- 症状のもうひとつの原因かも知れない精神医学的／心理学的状態を同定するための心理学的評価。
- 表れている症状に関係するかも知れない要因に関する職場および家庭の評価。これらには、室内空気汚染、過剰な騒音、不十分な照明（光のちらつき）または人間工学的要因などが含まれるでしょう。職場でのストレスの低減やその他の改善を図ることは妥当でありましょう。

長く続く症状および重い障害がある EHS の人々に対しての治療は、第一に症状および機能的障害の軽減に向けられるべきです。医療専門家（症状の医学・心理学的側面に対処する）と衛生

学専門家（患者に関連する健康影響を起こすことが既知の環境要因を同定し、必要であればそれを制御する）は密接に協力しながら行うのがよいでしょう。

治療の目標を、実効のある医師－患者関係の確立、状況克服の方策を立てる手助け、職場復帰と通常の社会生活を送れるよう患者を励ますことにおくべきです。

EHSの人々：専門家による治療とは別に、自助グループはEHSの人々にとって有益な手段になります。

政府：政府は、電磁界の健康影響の可能性に関する情報を、EHSの人々、医療専門家、雇用主に向けて、バランスよく、適切に提供すべきです。このような情報の中には、EHSと電磁界ばく露との結びつきに関する科学的根拠は現在、存在しないという明確な声明を含めるべきです。

研究者：いくつかの研究は、EHSの人々における一定の生理学的反応が正常範囲を逸脱する傾向があることを示しています。特に、中枢神経系の過剰反応および自律神経系の失調は臨床検査によって追跡し、その結果を治療のための情報として用いる必要があります。

WHO はどのような活動をしているのか？

WHO は、国際電磁界プロジェクトを通じ、電磁界ばく露に伴う健康リスクについて理解を深めるために、研究ニーズを明確化すると共に国際的な電磁界研究プログラムを調整しています。特に、低いレベルの電磁界による健康影響の可能性に重点を置いています。国際電磁界プロジェクトや電磁界の影響についての情報は一連のファクトシートで、複数の言語にて提供しています。 (www.who.int/emf/).

詳細資料

WHO workshop on electromagnetic hypersensitivity (2004), October 25 -27, Prague, Czech Republic, http://www.who.int/peh-emf/meetings/hypersensitivity_prague2004/en/index.html (WHO ワークショップ「電磁過敏症」)

COST244bis (1998) Proceedings from Cost 244bis International Workshop on Electromagnetic Fields and Non-Specific Health Symptoms. Sept 19-20, 1998, Graz, Austria (COST244bis 国際ワークショップ「電磁界と非特異的健康症状」)

Bergqvist U and Vogel E (1997) Possible health implications of subjective symptoms and electromagnetic field. A report prepared by a European group of experts for the European Commission, DGV.. Arbete och Hälsa, 1997:19. Swedish National Institute for Working Life, Stockholm, Sweden. ISBN 91-7045-438-8. (欧州委員会報告書「自覚症状と電磁界における健康関連問題の可能性」)

Rubin GJ, Das Munshi J, Wessely S. (2005) Electromagnetic hypersensitivity: a systematic review of provocation studies. Psychosom Med. 2005 Mar-Apr;67(2):224-32 (論文「電磁過敏症：誘発研究の体系的レビュー」)

Seitz H, Stinner D, Eikmann Th, Herr C, Roosli M. (2005) Electromagnetic hypersensitivity (EHS) and subjective health complaints associated with electromagnetic fields of mobile phone communication---a literature review published between 2000 and 2004. Science of the Total Environment, June 20 (Epub ahead of print). (論文「電磁過敏症と携帯電話通信の電磁界に関連した自覚的な健康上の訴え：2000 から 2004 年に公表された文献のレビュー」(訳者注：Science of the Total Environment 349; pp.45– 55 に掲載されました。))

Staudenmayer H. (1999) Environmental Illness, Lewis Publishers, Washington D.C. 1999, ISBN 1-56670-305-0.
(書籍「環境病」)

(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)

電磁界と公衆衛生

静的な電界および磁界

静的な電界および磁界を利用した技術は、磁気共鳴画像法（MRI）を用いる医療、直流（DC）または静磁界を利用する輸送システム、高エネルギー物理学研究施設など特定の産業においてますます開発が進んでいます。電界および磁界の強度が高くなるにしたがって、身体との多様な相互作用の可能性も大きくなります。

世界保健機関（WHO）の国際電磁界プロジェクトは最近、高レベルの静的な電界および磁界へのばく露による健康への影響のレビューを行い、医療スタッフおよび患者（特に子供および妊婦）、ならびに高強度磁石製造業の作業者に対する公衆衛生上の防護の重要性を強く指摘しました（環境保健クライテリア 2006）。

発生源

電界および磁界は、地磁気・雷などの現象、および電気の使用によって生じます。その電界および磁界が時間と共に変化しない場合、それらは静的なものと言われ、周波数は 0 ヘルツです。

大気中では、静電界は快晴時にも自然に発生しますが、とりわけ雷雲の下で発生します。また摩擦も、正負の電荷を分離するため、強い静電界を発生させます。静電界の強度はボルト毎メートル（V/m）またはキロボルト毎メートル（kV/m）の単位で測定されます。我々は日常生活において、接地された物体との間の火花放電、また、例えばカーペットの上を歩くことによる摩擦の結果として毛髪の逆立ちを経験することがあります。直流（DC）電気を利用したもの、即ち DC を用いた鉄道システム、ブラウン管（CRT）を用いた TV およびコンピュータの画面などはもうひとつの静電界発生源であります。

静磁界はアンペア毎メートル（A/m）で測定されますが、通常は、テスラ（T）またはミリテスラ（mT）の単位で測定される磁気誘導に換算されて表されます。自然の地磁気は地球表面の場所によって約 0.035～0.07 ミリテスラの間で変化しますが、ある種の動物はこれを感知して方位の確認に利用しています。人工的な静磁界は、電車の中、アルミニウム製造など工場での工程中、およびガス溶接中など DC 電流が用いられる場所では常に発生しています。これらは自然の地磁気より 1000 倍以上も強いものです。

最近の技術革新により、最大で地磁気より 10 万倍も強い静磁界が利用されるようになりました。このような静磁界は研究に用いられる他、脳やその他の軟組織の三次元画像を提供する MRI のような医療応用に用いられます。通常の臨床手順では、スキャンされる患者および装置のオペレータは 0.2–3 テスラの範囲の強い静磁界にばく露されることがあります。医学研究上の応用では更に強くなり、最大約 10 テスラの静磁界が患者の全身スキャンに用いられます。

静電界に関して行われた研究は少数です。これまでの研究結果によれば、急性の影響は、体毛の動きおよび火花放電による不快感に関係したもののみであることが示されています。当然のことながら、静電界の慢性の影響または遅延性の影響は調査されたことはありません。

健康影響

静磁界の急性の影響は、人の動き、または血流や心拍のような身体内部の動きなどの運動が静磁界中で行われている時にのみ、起きる可能性が高まります。2 テスラ以上の静磁界中で動く人は、目眩や吐き気、時には口内の金属味などの感覚、および閃光の感知を体験することがあります。一時的に生じるだけではあるものの、そのような影響は細心の注意を要する作業を遂行中の作業員（例えば、MRI 装置内部で手術中の外科医）にとって、安全上の影響があるかもしれません。

静磁界は、血液中を移動する（イオンのような）電荷に力を及ぼすことで、心臓および主要血管の周囲に電界および電流を発生させ、僅かながら血液の流れを妨げます。それによって生じる可能性のある影響は、心拍数の僅かな変化から、（心室細動のような）致命的なものもある心臓リズムの異常（不整脈）のリスク上昇まで広範囲に及びます。但し、このような急性の影響は 8 テスラ以上の静磁界中でのみ起きる可能性があるものです。

これまでのところ、質の良い疫学研究または長期的な動物実験研究がないため、ミリテスラ範囲の静磁界へのばく露でも何らかの長期的な健康影響があるか否かを判断することはできません。したがって、現時点では、静磁界のヒトに対する発がん性は分類できません（IARC、2002）。

国際基準

静磁界へのばく露の問題は、国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）が取り扱ってきました（www.icnirp.org 参照）。職業ばく露に対する現行の制限値は、静磁界中での運動により誘発される目眩および吐き気の感覚の回避が根拠になっています。推奨されている制限値は、職業ばく露の場合、1 作業日における時間加重平均値で 200 ミリテスラ（ただし天井値を 2 テスラとする）です。公衆のばく露の場合、連続的なばく露の制限値は 40 ミリテスラです。

静磁界は、体内ペースメーカーのような植え込み型金属製装置に影響を及ぼしますが、これは健康への直接的な悪影響となる可能性があります。心臓ペースメーカー、強磁性インプラント、植え込み型電子装置の装着者は静磁界が 0.5 ミリテスラを上回る場所を避けるのがよいと言われています。また、3 ミリテスラを上回る静磁界中では、磁石の引力で突然動き出した物体によって傷害を受けることがないように注意しましょう。

WHO の対応

WHO は、0 から 300 ギガヘルツの周波数範囲の電磁界へのばく露によって提起された健康問題の評価に積極的に取り組んでいます。国際がん研究機関（IARC）は 2002 年に静的な電界および磁界の発がん性を評価しました。そして、WHO の国際電磁界プロジェクトは最近、徹底的な健康リスク評価を実施し（環境保健クライテリア 2006）、これによって知識の欠落している部分が確認されました。この成果は、将来の健康リスク評価のために今後数年間に行うべき研究アジェンダとしてまとめられました（www.who.int/emf）。WHO は、科学文献から新たな証拠が利用可能となった場合には基準を見直すことを推奨しています。

各国の当局ができることは？

静磁界の利用によって莫大な便益が得られる（とりわけ医療において）のに対し、当然、静磁界ばく露による健康への有害な影響の可能性を評価する必要があります。そうして初めて、真

のリスクと便益が評価されることになります。そのために必要な研究が完了するには数年を要します。その間、各国当局は静磁界の有害な影響の可能性から公衆および作業者の両方を防護するためのプログラムを設けることを WHO は推奨します。静電界の場合、主な影響は身体への放電による不快感であるため、強電界へのばく露とその回避方法に関する情報を提供すれば十分です。

静磁界の場合、現時点では、長期的影響または遅延性の影響に関する情報が十分な水準ではないので、作業員および公衆のばく露を制限するために、費用対効果を考慮したプレコーショナリ対策をとることは正当かも知れません。当局が以下の対策を講じることを WHO は推奨します。

- 科学に基づく、人体ばく露制限のための国際基準を採用すること。
- 顕著なリスクをもたらす可能性がある静磁界から距離をとること、静磁界を封じ込めること、またはスタッフ教育プログラムのような管理的制御の適用することにより、静磁界の産業的および学術的な利用に対する防護対策を講じること。
- 防護対策の実施を確実にするため、2 テスラを上回る磁界強度をもつ磁気共鳴画像法 (MRI) 装置について免許制度を検討すること。
- 人々の安全に関して知識が大きく欠落している部分を埋めるための研究を助成すること。
- 作業員および患者のばく露に関する健康情報を収集するため、MRI 装置およびデータベースを助成すること。

詳細資料

Environmental Health Criteria (2006), Static fields, Geneva: World Health Organization, Monograph, vol. 232

(WHO 環境保健クライテリア・モノグラフ第 232 巻「静的電界および磁界」)

Effects of static magnetic fields relevant to human health (2005), Eds. D. Noble, A. McKinlay, M. Repacholi,

Progress in Biophysics and Molecular Biology, vol. 87, nos. 2-3, February-April, 171-372

(総説論文「人の健康に関する静磁界の影響」)

IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans (2002), Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low frequency (ELF) electric and magnetic fields. Lyon: International Agency for Research on

Cancer, Monograph, vol. 80 (国際がん研究機関・ヒトに対する発がんリスクの評価に関するモノグラフ第 80 巻「非電離放射線、第 1 部：静的および超低周波の電界および磁界」)

(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)

電磁界と公衆衛生

基地局および無線技術

携帯電話は今や、世界中どこでも見られるものです。この無線技術は、無線周波(RF)の信号を用いて情報を中継する固定アンテナ(または基地局)の大規模ネットワークに依拠しています。全世界には 140 万以上の基地局があり、その数は第 3 世代技術の導入に伴って顕著に増加し続けています。

無線ローカルエリア・ネットワーク (WLAN) のように、高速インターネット接続およびサービスを可能にするその他の無線ネットワークも、家庭、オフィス、および多くの公共エリア (空港、学校、住宅地域、都市地域) でますます一般的になっています。基地局およびローカル無線ネットワークの数の増加につれて、人口集団の RF ばく露も増加しています。最近の調査で、基地局からの RF ばく露は、アンテナへの接近度や周辺環境など様々な要因に依って変わりますが、国際的なばく露ガイドライン値の 0.002% から 2% の範囲であることが分かりました。これは、ラジオまたはテレビ放送の送信機からの RF ばく露より低いか、同等のものです。

無線技術により生じた RF 電磁界へのばく露による健康影響の可能性に関心が持たれています。このファクトシートは、人体が基地局およびその他のローカル無線ネットワークに絶え間なく低レベルばく露されることによる健康影響の科学的証拠をレビューしています。

健康に関する懸念

基地局およびローカル無線ネットワークのアンテナに共通する懸念は、RF 信号への全身ばく露がもたらすかも知れない長期的な健康影響の可能性に関するものです。これまでのところ、科学的レビューで同定された、RF 電磁界による唯一の健康影響は、特定の産業設備 (RF ヒータ等) においてのみ見られる非常に高い電磁界強度へのばく露による体温の上昇 ($>1^{\circ}\text{C}$) に関するものです。基地局および無線ネットワークからの RF ばく露のレベルは非常に低いため、それによる温度上昇は微々たるものであり、人の健康に影響を及ぼしません。

RF 電磁界の強度はその発生源で最も大きく、距離と共に急激に減少します。RF 信号が国際的なばく露制限値を上回る可能性がある場合、基地局アンテナ付近への立ち入りは制限されます。最近の調査で、公衆が立ち入る場所 (学校や病院を含む) での基地局および無線技術からの RF ばく露は、通常、国際基準よりも数千倍も低いことが示されました。

それどころか、人体は、同じ RF ばく露レベルにおいて、周波数が低い FM ラジオおよびテレビの信号を基地局の信号より最大で 5 倍多く吸収します。FM ラジオの周波数 (100 メガヘルツ前後) およびテレビ放送の周波数 (300~400 メガヘルツ前後) は携帯電話で用いられる周波数 (900 メガヘルツおよび 1800 メガヘルツ) よりも低いこと、および人体が効率の良い受信アンテナとなるかはその身長によって決まること、がその原因です。さらに言えば、何らかの健康への有害な影響が確立されることもなく、ラジオおよびテレビの放送局は過去 50 年以上にわたって稼働しています。

大半の無線技術はアナログ信号を用いていましたが、最近の無線通信はデジタル送信を用いています。これまでに実施された詳細なレビューでは、異なる RF 変調方式に固有の傷害性は見出されませんでした。

がん：携帯電話基地局の周辺地域におけるがんのクラスタ（集積）に関してメディアおよび逸話的な報告があったため、公衆の懸念が高まりました。がんはどの人口集団においても、地理的に一様ではなく分布することに留意しましょう。基地局が環境中に広く分布していることを考慮すれば、単なる偶然によってがんのクラスタが基地局の周辺地域に生じる可能性は予想されます。その上、これらのクラスタにおいて報告されたがんは、共通する特性を持たない多様な種類のがんの寄せ集めであることが多く、共通の病因があることはなさそうです。

人口集団におけるがんの分布に関する科学的証拠は、慎重に計画され実施された疫学研究によって得ることができます。過去 15 年間にわたって、RF 送信機とがんの関連の可能性を調べた研究がいくつか公表されています。これらの研究は、送信機からの RF ばく露ががんのリスクを上昇させる証拠を提供していません。同様に、長期的な動物研究は、基地局および無線ネットワークによって生じるレベルより高いレベルにおいてさえ、RF 電磁界へのばく露によるがんのリスク上昇を確立していません。

その他の影響：基地局からの RF 電磁界にばく露された人々における一般的な健康影響を調べた研究は少数です。その理由は、基地局から放射された非常に弱い信号による健康影響の可能性を環境中のより強い他の RF 信号による影響と区別することが困難なためです。大部分の研究は携帯電話の使用者の RF ばく露に焦点を当てています。ヒトおよび動物での研究で、携帯電話が発生するような RF 電磁界へのばく露後の、脳波パターン、認知、行動が調べられましたが、有害な影響は同定されていません。これらの研究に用いられた RF ばく露レベルは、一般公衆が基地局または無線ネットワークから受けるばく露のレベルより 1000 倍程度高いものでした。睡眠や心臓血管系機能の変化に関して一貫性のある証拠は報告されていません。

一部の人は、基地局やその他の電磁界機器から放射される RF 電磁界にばく露された状態において非特異的な症状を経験すると報告します。最近の WHO のファクトシート「電磁過敏症」で認められたように、電磁界がそのような症状を引き起こすことは証明されていません。そうではあっても、そのような症状に苦しむ人々の窮状を認識することは重要です。

これまでに蓄積された全ての証拠から、基地局からの RF 信号によって健康に有害な短期的または長期的影響が起きることは証明されていません。一般的に、無線ネットワークからの RF 信号レベルは基地局よりもさらに低いため、無線ネットワークへのばく露により健康への有害な影響はないと思われます。

防護基準

RF 電磁界の確立された影響に対する防護を提供するため、国際的なばく露ガイドラインが、国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP 1998）および電気電子学会（IEEE 2005）によって策定されています。

各国当局は、有害レベルの RF 電磁界から市民を防護するために国際基準を採用すべきです。ばく露制限値を上回る可能性がある区域への立ち入りは制限すべきです。

公衆のリスク認知

一部の人々は、RF ばく露によるリスクを「深刻なものであるかも知れない」と認知し、「おそらく深刻なものである」と認知する人々さえいます。公衆の不安の原因の一つは、新たな、そして確証の得られていない科学的研究をメディアが発表することです。それが、不確かさの印象および未知または未発見の傷害性があるかも知れないという認知をもたせることになります。その他の要因には、景観的懸念、および新規基地局の位置決定過程に対する制御力および発言権がないという感情があります。RF 発生源の建設の前に、決定過程の適切な各段階において、教育プログラム、効果的なコミュニケーション、公衆およびその他の利害関係者の積極的参加を行うことにより公衆の信頼と受容性を高められることが経験から分かっています。

結論

非常に低いばく露レベル、および今日までに集められた研究結果を考慮した結果、基地局および無線ネットワークからの弱い RF 信号が健康への有害な影響を起こすという説得力のある科学的証拠はありません。

WHO の取り組み

WHO は、国際電磁界プロジェクトを通じて、電磁界に関する科学的文献をモニタし、0-300 GHz の電磁界へのばく露による健康影響を評価し、電磁界の傷害性の可能性に関する助言を与え、適切な軽減措置を同定するためのプログラムを確立しています。国際電磁界プロジェクトは、広範な国際的レビューを終えた後、知識の欠落部分を埋めるための研究を推進しています。それに応え、各国政府および研究組織は、過去 10 年にわたり、2 億 5 千万ドル以上を電磁界研究に助成しました。

基地局および無線ネットワークからの RF 電磁界へのばく露による健康影響はないと思われませんが、WHO によって研究は依然として推進されています。携帯電話からのさらに高い RF ばく露により、何らかの健康影響があるか否かを明らかにするためです。

WHO の専門機関である国際がん研究機関 (IARC) は、RF 電磁界によるがんリスクのレビューを 2006-2007 年に実施する予定であり、それを受けて国際電磁界プロジェクトは、RF 電磁界に関する総合的な健康リスク評価を 2007-2008 年に実施する予定です。

詳細資料

ICNIRP (1998) www.icnirp.org/documents/emfgdl.pdf (ICNIRP ガイドライン)

IEEE (2006) IEEE C95.1-2005 "IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz" (米国電気電子学会規格 IEEE C95.1-2005 「3 kHz から 300 GHz までの無線周波電磁界への人体ばく露に関する安全レベルの IEEE 基準」)

(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)

電磁界と公衆衛生

超低周波電磁界へのばく露

電気の利用は日常生活に欠かせないものとなっています。電気が流れている時は必ず、電線および電気製品の付近に電界と磁界の両方が起こります。1970 年代後半から現在まで、このような超低周波（ELF）の電界および磁界へのばく露が健康に悪い結果を生じるか否かという疑問が提起されています。それ以降今までの間に多くの研究が完了し、首尾よく重要な問題を解決し、今後の研究の目標を絞り込んでいます。

1996 年、世界保健機関（WHO）は、電磁界を放射する技術に関連する健康リスクの可能性を調査するため、国際電磁界プロジェクトを立ち上げました。WHO のタスクグループは最近、ELF 電磁界の健康影響についてのレビューの結論を出しました（WHO 2007）。

このファクトシートは、そのタスクグループの知見に基づくものであり、また、WHO の後援で設立された国際がん研究機関（IARC）が 2002 年に、そして国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）が 2003 年に、それぞれ公表した ELF 電磁界の健康影響に関する最近のレビューを最新のものにします。

ELF 電磁界の発生源と居住環境ばく露

電界および磁界は、電力線およびケーブル、住宅の配線および電気製品など、電流が流れている所に必ず起こります。**電界**は、電荷から生じ、ボルト毎メートル（V/m）という単位で測定され、木材や金属のような一般的な素材で遮蔽されます。**磁界**は、電荷の運動（すなわち電流）により生じ、テスラ（T）という単位で表わされますが、より身近にはミリテスラ（mT）またはマイクロテスラ（μT）で表わされます。一部の国では、ガウス（G）と呼ばれる別の単位が一般に用いられます（10,000G=1T）。磁界はほとんどの一般的な素材で遮蔽されることなく、容易に透過します。電界も磁界も発生源の近くが最も強く、距離と共に減衰します。

ほとんどの電力は、50 または 60 サイクル毎秒、またはヘルツ（Hz）の周波数で動作しています。ある特定の電気製品の近くで、磁界は数百マイクロテスラ程度になります。電力線の真下で、磁界は約 20 μT、電界は数千ボルト毎メートルになります。しかし、住宅内の平均的な商用周波磁界はもっと低く、欧州では約 0.07 マイクロテスラ、北米では約 0.11 マイクロテスラです。住宅内の電界の平均値は最大でも数十ボルト毎メートルです。

タスクグループの評価

2005 年 10 月、WHO は、> 0 から 100,000 ヘルツ（100 キロヘルツ）までの周波数範囲の ELF の電界および磁界へのばく露により生じるかも知れない健康リスクを評価するため、科学専門家のタスクグループを召集しました。IARC が 2002 年にがんに関する証拠を調査したのに対し、このタスクグループは多くの健康影響に関する証拠をレビューし、がんに関する証拠を最新のものにしました。このタスクグループの結論および勧告は、WHO の環境保健クライテリア（EHC）モノグラフ（WHO 2007）に公表されています。

タスクグループは標準的な健康リスク評価プロセスに従い、一般の人々が通常で遭遇するレベルの ELF 電界に関して本質的な健康問題はないと結論しました。したがって、以下では、主として ELF 磁界へのばく露の影響を取り扱います。

短期的影響

高レベル（100 マイクロテスラを十分上回るもの）の急性ばく露によって起きることが確認されている生物学的影響があります。これはよく知られた生物物理学的なメカニズムによって説明されています。外部の ELF 磁界は身体内に電界および電流を誘導しますが、その強度が非常に高いと神経および筋肉の刺激および中枢神経系の神経細胞の興奮性の変化を引き起こします。

長期的影響の可能性

ELF 磁界ばく露による長期的なリスクを調べた科学研究の多くは、小児白血病に焦点を当ててきました。2002 年、IARC は ELF 磁界を「ヒトに対して発がん性があるかも知れない」と分類したモノグラフを公表しました。この分類は、ヒトにおける発がん性の限定的な証拠があり、かつ実験動物における発がん性の証拠が十分ではない因子であることを意味します（ELF 磁界以外の例にはコーヒーや溶接蒸気があります）。このように分類された根拠は、疫学研究のプール分析で、0.3～0.4 マイクロテスラを上回る商用周波の居住環境磁界への平均的ばく露に関連して小児白血病が倍増するという一貫したパターンが示されたことです。タスクグループは、それ以降に追加された研究によってこの分類が変更されることはない結論しました。

しかしながら、疫学的証拠は、選択バイアスの可能性など手法上の問題によって弱いものになります。加えて、低レベルのばく露が発がん発生に関与することを示唆するような生物物理学的メカニズムとして正当と認められたものはありません。要するに、もしこのような低レベルの磁界へのばく露によって何らかの影響があるとすれば、それは今のところ未知の生物学的メカニズムによるものでなければなりません。加えて、動物研究は主として影響なしの結果を示しています。したがって、これら全てを考慮すれば、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ありません。

小児白血病はかなり稀な疾患であり、全世界で一年間に新たに発生する症例数は、2000 年は 49,000 人と推定されています。住宅内での平均磁界ばく露が 0.3 マイクロテスラを上回るとは稀であり、そのような環境に住むのは、子供の 1%～4%であると推定されています。もし磁界と小児白血病との関連が因果関係であるならば、磁界ばく露が原因であるかも知れない症例数は、2000 年の数値に基づいて、全世界で年間 100～2400 人の範囲と推定されます。これは、同年の発生数の 0.2～4.95%に相当します。したがって、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、全世界的に考えれば、ELF 電磁界ばく露が公衆衛生に及ぼす影響は限定的でありましょう。

ELF 磁界ばく露との関連の可能性について、多数の健康への有害な影響が研究されています。白血病以外の小児がん、成人のがん、うつ病、自殺、心臓血管系疾患、生殖機能障害、発育異常、免疫学的修飾、神経行動学的影響、神経変性疾患などです。WHO のタスクグループは、これらの健康影響全てについて、ELF 磁界ばく露との関連性を支持する科学的証拠は小児白血病に関する証拠よりはるかに弱いと結論しました。いくつか例を挙げれば、（すなわち心臓血管系疾患や乳がんに関する）証拠から、ELF 磁界はこれらの疾患を引き起こさないことが示されています。

国際的なばく露ガイドライン

短期的な高レベルのばく露に関連する健康影響は確立されており、これが2つの国際的なばく露制限ガイドラインの基礎をなしています（ICNIRP 1998；IEEE 2002）。現時点では、これらの組織は、ELF 電磁界への長期的な低レベルのばく露による健康影響の可能性に関する科学的証拠は、これらのばく露制限値を引き下げることの正当化するには不十分であると見なしています。

WHO のガイダンス

高レベルの電磁界への短期的ばく露については、健康への有害な影響が科学的に確立されています（ICNIRP 2003）。政策策定者は、労働者および公衆をこれらの影響から防護するために作成されている国際的なばく露ガイドラインを採用すべきです。電磁界防護プログラムには、ばく露が制限値を超過することが予測される発生源からのばく露の測定を含めるべきです。

長期的影響に関しては、ELF 磁界へのばく露と小児白血病との関連の証拠の弱さを考えれば、ばく露低減による健康上の便益は不明です。こうした状況を考慮して、以下を推奨します。

- 政府および産業界は、ELF 電磁界ばく露の健康影響に関する科学的証拠の不確かさを一層少なくするために、科学の動向を監視し、研究プログラムを推進することが望まれます。ELF リスク評価プロセスを経て、知識の欠落部分が同定されました。これらが新たな研究アジェンダの基礎になっています。
- 加盟各国は、情報を与えた上での意思決定を可能とするため、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が奨励されます。このプログラムには、ELF 電磁界を放射する設備の計画の過程における産業界、地方自治体、市民の間の調整と協議を改善することも含まれます。
- 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、低コストでばく露を低減する方法を探索するのもよいでしょう。適切なばく露低減対策は国ごとに異なるでしょう。そうではあっても、恣意的に低いばく露制限値を採用する政策は是認されません。

詳細資料

WHO - World Health Organization. Extremely low frequency fields. Environmental Health Criteria, Vol. 238.

Geneva, World Health Organization, 2007. （WHO 環境保健クライテリア・モノグラフ第238巻「超低周波電磁界」）

IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low frequency (ELF) electric and magnetic fields. Lyon, IARC, 2002 (Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 80). （国際がん研究機関・ヒトに対する発がんリスクの評価に関するモノグラフ第80巻「非電離放射線、第1部：静的および超低周波の電界および磁界」）

ICNIRP - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Exposure to static and low frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (0-100 kHz). Bernhardt JH et al., eds. Oberschleissheim, International Commission on Non-ionizing Radiation Protection, 2003 (ICNIRP 13/2003).

(国際非電離放射線防護委員会「静的および低周波の電界および磁界、生物学的影響、健康影響 (0 から 100kHz)」)

ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (1998). 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」)

IEEE Standards Coordinating Committee 28. IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electromagnetic fields, 0-3 kHz. New York, NY, IEEE - The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2002 (IEEE Std C95.6-2002). (米国電気電子学会規格 IEEE C95.6-2002 「0 から 3kHz までの電磁界への人体ばく露に関する安全レベルの IEEE 基準」)

(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)

電磁界と公衆衛生

コーショナリ政策

人工的な電磁界（EMF）による潜在的な健康影響は 1800 年代後半より科学的関心事項となっており、ここ 40 年ほど特に注目されています。電磁界の一般的な発生源には、電力線、家庭内の電気配線、電気製品、モーターで作動する機器、コンピュータの画面、放送・通信施設、携帯電話及びその無線基地局などがあります。

公衆の電磁界ばく露は、さまざまな拘束力のない制限および法的制限によって規制されています。これらの制限のなかで最も重要なものに、各国の安全基準の他に、国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）によって起草された国際ガイドラインがあげられます。ガイドラインは、短期および長期の電磁界ばく露によるものと同定された全ての有害な影響を、制限値に十分な安全係数をもたせて、回避するように作成されています。実際のばく露レベルはほとんどの場合、推奨されている制限値をはるかに下回っています。

電磁界に関する不確かさの問題

電磁界の潜在的な健康リスクの評価には多くの不確かさが含まれています。特に、いくつかの疫学研究においては電磁界のばく露と人の病気の弱い関連が示唆されています。これらの研究はさまざまな病気やばく露条件に関して行われていますが、証拠として大きな割合を占めるのは、家庭内の商用周波（50/60 ヘルツ）の電界および磁界のばく露に関連した小児白血病のリスク上昇の可能性に関するものです。数多くの動物実験など疫学以外の科学的証拠は、この疫学の結論を裏付けておらず、また疫学研究の多くには、ばく露量評価が不適切であるなど、疫学自体の問題があります。

この証拠について検討した種々の専門委員会は、証拠が説得力に乏しいと、一貫して判断しています。例えば 1997 年、米国国立研究審議会（US National Research Council）は『現時点での証拠は、「家庭内の商用周波の電界および磁界」へのばく露が人の健康に有害な影響を与えることを示していない』との結論を出しました。同様に、電磁界ばく露に関する 1998 年のガイドラインで ICNIRP は、「電磁界へのばく露とがんに関する疫学研究の結果は、（中略）ばく露ガイドラインを設定するための科学的基礎をなすには十分に強固でない」と述べました。これまでに、低レベルの電磁界により有害な影響が実際に生じるとの結論を得た主要な委員会はありません。しかし、かなりの程度の科学的な不確かさとこの問題に関する人々の強い不安は確かに存在します。

プレコーショナリ政策

世界的に、科学的な不確かさを考えて、健康リスク管理に「プレコーショナリのアプローチ」を採用しようという動きが政府の内外で大きくなっています。国際的な保健機関として WHO は各国当局に対し、確立された知見の範囲を超えた政策の設定を通常は助言しません。しかし 1999 年にロンドンで開催された第 3 回環境と健康に関する閣僚級会議（Third Ministerial

Conference on Environment and Health) で調印された宣言書において、WHO は「リスク評価にプレコーショナリ原則を厳密に適用し、有害な影響に対して、より一層、防止に向けた積極的なアプローチを採用する必要性」を考慮するよう促されました。

用心を促すための様々な政策が、科学的な不確かさを考慮に入れて、公衆衛生、労働衛生、環境保健の問題への関心に対処するために策定されてきました。これには次のものがあります。

- プレコーショナリ原則 (Precautionary Principle)
- 慎重なる回避 (Prudent Avoidance)
- ALARA (As Low As Reasonably Achievable; 合理的に達成できる限り低く)

プレコーショナリ原則は、科学的な不確かさの程度が高い状況で適用されるリスク管理政策です。重大になる可能性があるリスクに対して科学的な研究結果を待たずに対策を取る必要性を表しています。

EU 加盟国にはローマ条約があり、そこには「環境に関する欧州共同体の政策は、(中略) プレコーショナリ原則に基づくべきである」と記されています。プレコーショナリ原則が採用された最近の例には、牛海綿状脳症 (BSE) 感染のリスクを制限する観点から英国牛肉を禁止した欧州委員会の決定があります。欧州司法裁判所はこの決定が正当であるとの判決を下記の通り下しました。

リスクの重大性と事態の緊急性に鑑み、また決定の目的を顧慮すると、欧州委員会が、より詳細な科学的情報の成果を待つ間、暫定の根拠に基づき、決定を採択したことは、明白に不適切なやり方とは言えない。

人の健康に対するリスクの存在やその大きさに不確かさがある場合、欧州委員会はそのようなリスクの実体や深刻度がはっきり分かるまで待つ必要なく防護措置を取ることが許される。

2000 年 2 月 2 日、欧州委員会は、プレコーショナリ原則に関する重要な通達を承認し、その原則の適用に関するガイドラインを提示しました。この通達によると、プレコーショナリ原則に基づく対策は次のようであるようにとされます。

- 選択された防護水準に見合うものであること
- その適用に差別がないこと、つまり、類似する状況を同等に扱うこと
- 既に実施中の同等の措置と一貫性があること、つまり、全ての科学的データが利用可能な同等の分野において、すでに講じられている対策と、その適用範囲と性質において同等であること
- 対策を実施する場合と実施しない場合の、コストと期待できる便益の検討 (適切かつ可能であるならばコスト・便益の経済分析を含む) に基づくこと
- 本質的に暫定的であること、つまり新しい科学データに照らした再検討を条件とすること
- より包括的なリスク評価に必要な科学的証拠を提出する責任を付与できること

この定義からすれば、プレコーショナリ原則は、「リスクに関心を向けた (risk-oriented)」ものであり、コスト・便益の考慮を含めたリスク研究の評価が必要になります。この原則は、明らかに、さらに充実した科学的基礎のある対応をするために必要な適切なデータが得られるまでの間、重大な健康上の脅威となる可能性があるものに対し暫定的な対応を立案する際に用いることが意図されています。

慎重なる回避 (Prudent Avoidance) は、最初は、商用周波の電磁界に対するリスク管理計画として、カーネギー・メロン大学の Morgan, Florig, Nair の 3 博士によって作成されました。1989

年の米国技術評価局（US Office of Technology Assessment）に提出された報告書の中で、Morganらは慎重なる回避を「電力設備のルートの再検討及び電気系統や電気器具の設計変更により、人々を電磁界から遠ざけておくための手段を講じること」と定義しています。慎重（Prudence）とは、「コストがあまりかからない回避行動を請け合うこと」としています。

1989年以來徐々に、慎重なる回避は、たとえ実証できるようなリスクは無くとも、電磁界へのばく露を低減するために、簡単で、容易に実施できる、低いコストの措置を講じることの意味するように進展してきました。しかし「簡単」、「容易に実施できる」、「低いコスト」などの言葉は厳密な意味を欠いています。一般的に、政府当局は、小さな設計変更で人々のばく露レベルの低減が可能となる新規設備に対してのみこの政策を適用しています。一般的に多くのコストがかかる既存設備改造の要求に適用されたことはありません。

以上に定義されたように、慎重なる回避とは、その対策がリスクを低減することは科学的に見て正当には期待できなくとも、電磁界ばく露を低減するために低コストの措置をとることと定められています。一般的に、そのような措置は、定められた制限値や規則を用いるのではなく、法的な拘束力のない推奨を用いて作成されます。

慎重なる回避（必ずしもそう認識されていなくとも）は、政策として、オーストラリア、スウェーデン、そして米国のいくつかの州（カリフォルニア、コロラド、ハワイ、ニューヨーク、オハイオ、テキサス、ウィスコンシン）の電力分野の一部で採用されています。1997年オーストラリアは、政府の記述によれば、「過度の不都合を生じないで」実行できる「一般的なガイダンス」である措置をもって、新規の送電線敷設に関して慎重なる回避の政策を採用しました。「低コスト」で講じることのできる措置には、電力線を学校から遠ざけて敷設すること、電力線用地付近の磁界を減らすよう電線の位相を調整することが含まれます。

米国では、電力線分野に対する慎重なる回避の政策を明快に推奨した国レベルの組織はありません。しかし、国立環境健康科学研究所（NIEHS）は、米国議会に対する1999年の推奨において、「電力業界は、電力線の位置決定は電磁界ばく露を低減するに行いつつ、ハザード（傷害）の発生なしに送配電線周辺の磁界の発生を低減する方法を探索し続けること。また、偶発的な感電や火災のような他のリスクが増大しないことを前提に、地域の配電線からのばく露を低くする技術を奨励する。」との提唱を行い、慎重なる回避を推奨しそうになりました。

これとは反対に、NIEHS 所長の Kenneth Olden は、議会への NIEHS 報告書の添え状において、「一般の人々と規制団体の双方に、ばく露を低減する手段について教える」など、「受け身の規制行動」を代わりに推奨しています。この推奨は、ばく露低減に向けて現実に措置を講じることよりむしろ、教育的措置を提唱している点で慎重なる回避とは幾分違っています。

米国では、通信用または商業放送用の施設の規制のために、慎重なる回避を公的に採用したことはありません。しかし、政府当局は電気通信業界に向けて、慎重なる回避の一種とも考えられる推奨を行いました。1999年、米国食品医薬品局（FDA）は携帯電話業界に、機器の機能上の必要最低限のレベルにまで下げた、使用者の RF 電磁界ばく露を最小化した携帯電話器を設計するように促しました。

慎重なる回避における慎重なる（Prudent）とは、各国で実施されているように、リスクに対する判断ではなく、費用に関連したものです。それは、恣意的に低いレベルにばく露制限を設定し、費用に関係なくその達成を要求することを意味するのではなく、低コストで人々の電磁界ばく露を低減する措置を採用することを意味しています。健康に利益があるか否かの評価はここでは求められません。

ALARA は **As Low As Reasonably Achievable**（合理的に達成できる限り低く）の頭字語です。これは、費用、技術、公衆衛生と安全に与える利益、その他の社会的経済的関心を考慮に入れた上で、ばく露を合理的に可能な限り低く保つことで、既知のリスクを最小化するためにとられる方策です。今日、**ALARA** は主に電離放射線防護の分野で用いられています。電離放射線では、「閾値」ではなく「受容可能なリスク」に基づいて制限値が設定されています。このような状況の下では、「受容可能なリスク」の構成要素は個人によって大きく異なるという考えに立てば、推奨された制限値を下回るレベルであっても存在するかも知れないリスクを最小化することは合理的です。

ALARA は、電磁界のばく露に関する公共政策設定に適用されたことはありません。実際、低レベルのばく露でリスクがあるとは思われないこと、およびばく露は至る所で生じることを考えると、電磁界（商用周波と無線周波のどちらについても）に適した方策ではありません。

電磁界に対するプレコーショナリ政策

電磁界ばく露に関する慎重なる回避やその他のコーショナリ政策(Cautionary Policies)は、これらの政策を科学的に立証されていないリスクに対して特例的な防護を提供するものと思う多くの市民には好評を得ます。しかし、そのようなやり方には、その政策の適用上の多くの問題があります。第一の問題点は、推奨ガイドラインを下回るレベルの電磁界への長期間ばく露によるハザードの明らかな証拠がないこと、または、仮にハザードがあるとしてもその性質が何も分かっていないことです。コーショナリ政策に踏み切るために必要とされる証拠の重みは、ばく露ガイドラインの設定に必要とされる証拠の重みより明らかに低いものではあるものの、ハザードとするものが明確にされなければなりませんし、そのハザードが起きるとされる条件について何らかの理解ができていることが必要です。

もう一つの問題点は、近代社会では至るところに、非常に多様なレベルの、そして幅広い周波数範囲にわたる電磁界ばく露が存在することです。したがって、一貫性と公平性があるコーショナリ政策を作り上げることは困難です。例えば、典型的な都市環境では、低出力の通信用送信機から非常に高出力の放送用送信機まで、多数の無線周波の送信機が存在しています。同じ都市地域に、携帯電話基地局よりはるかに高出力の発生源が存在することを考えると、携帯電話基地局から発生する無線周波電磁界へのばく露を最小化する、公正で一貫性のあるコーショナリ政策を立案することは困難です。実際、携帯電話アンテナ塔に対するコーショナリ政策の実施の試みは、典型的には、その環境中のそれ以外の（さらに強い）無線周波エネルギー発生源に注意を払うことなく、ばらばらな根拠に基づいて行われています。

ガイドライン制限値との関係

以上の考察が示すように、電磁界に対するコーショナリ政策は、十分な注意と慎重さをもって初めて採用されます。欧州委員会が規定したような、この政策の要件は、商用周波または無線周波の電磁界いずれの場合にも満たされないように思われます。但し、慎重なる回避のような他の関連する政策は正当化されるかもしれません。

原則的要件は、恣意的なコーショナリ政策の採用によって科学的なリスク評価と科学に基づくばく露制限が間接的に損なわれることはないとの条件の下においてのみ、そのような政策が採用されるということです。例えば、確立している有害な影響と関係しないレベル、または、科学的な不確かさの程度を考慮して確立された制限値に対し恣意的で不適切な調整を加えたレベルにまで制限の値を下げたりすると、そのような事態が起きるでしょう。

科学に基づく基準を損なうことなくコーショナリ政策を導入することは可能です。1999年ニュージーランド政府は、ICNIRPの1998年の電磁界ガイドラインに準拠した自国の無線周波電磁界ばく露基準を制定しました。同国の厚生省（Ministry of Health）と環境省（Ministry of Environment）は、その基準において、基本制限値と参考レベルは「適切な防護を提供する」ためのものと考えたと述べています。しかし、無線周波電磁界ばく露に対する人々の懸念には、「低コストで容易に達成できるならば、サービスの目的達成や要求の処理には無用の、或いは付随的に生じる無線周波電磁界ばく露を適正に最小化する」ことで対処することもあるであろうと述べています。見込まれる健康への有益性または費用・便益分析の証拠を持たないまま、「低コスト」でのばく露低減が強調されていることは、この政策が慎重なる回避の様式であり、欧州委員会が規定した「プレコーショナリ原則」の適用ではないことの見印になります。

プレコーショナリ政策に関係はありませんが、新規の電気事業施設が提案された時に典型的に起きる人々の懸念に対処するのに役立つ措置が他にもあります。そのなかには、電力線、変電所、無線周波数送信機等の設置用地の決定に人々の意見の取り入れることや人々を参加させることが含まれます。それに加えて、各個人は自分の状況や事情に適すると思う措置を何でも選ぶことができます。例えば、ラジオ付き時計などベッド脇に置く電気機器の位置を変えること、子供のベッドを寝室内の磁界の低い所へ移動することなどが考えられます。就寝前に電気毛布のスイッチを切るのも一つの選択肢でしょう。携帯電話で長話をする人は、イヤホン・マイクロホン付きヘッドセット（ハンズフリー用具）を使用し、携帯電話機を身体から離しておくこともできるでしょう。これらの行動を、国の組織が公衆衛生的理由で推奨することはありませんが、自分のリスク認知に依って個人的に行うことは適切と考えられます。

(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)

電磁界と公衆衛生

中間周波（IF）

過去 1 世紀の間、人工の電磁界（EMF）へのばく露はずっと増加を続けています。電磁界発生源の使用が拡大するにつれて、人の健康への有害な影響の可能性について社会的な議論が見られるようになりました。世界保健機関（WHO）は公衆衛生防護という憲章の役目として、またこのような関心に応じて、0 から 300 ギガヘルツまでの周波数範囲の電磁界の健康影響の可能性に関する科学的証拠を評価する国際電磁界プロジェクトを立ち上げました。国際電磁界プロジェクトは、知識の重要な欠落部分を埋めること、国際的に受け入れ可能な電磁界ばく露制限基準の作成を促進することに目的を絞った研究を奨励しています。

公衆の懸念は、0 ヘルツと 300 ヘルツの間の周波数である超低周波(ELF)の電界および磁界（例えば電力線を含む給電設備）へのばく露の影響の可能性から、10 メガヘルツ–300 ギガヘルツの周波数である無線周波(RF)電磁界（例えば、電子レンジ、放送、携帯電話を含む無線送信機器）へのばく露の影響の可能性までに亘っています。この 2 つの周波数範囲については、多くの科学研究が現在、既にあります。この情報シートでは、電磁界スペクトルの中間周波(IF)領域を ELF と RF の間の領域である 300 ヘルツ–10 メガヘルツと定義します。IF 電磁界の生体影響または健康リスクに関しては、比較的少数の研究が行われています。これは、一つには、この周波数範囲の電磁界を発生する機器の種類が少ないという事実によるものです。しかし、これらの機器は現在では消費者市場や産業界市場への浸透が大きいいため、IF 電磁界が人の健康に及ぼす影響を評価することは重要です。この情報シートは、IF 電磁界の既知の健康影響を取り扱うとともに、さらなる研究に対する推奨を示します。

IF 電磁界の発生源

一般的な IF 電磁界の発生源は、以下のような環境の中にあります。

- **産業**：誘電加熱シーラー、誘導およびプラズマ加熱装置、放送用および通信用送信機
- **一般社会**：家庭用 IH 調理器、近接リーダー（非接触型のチップカード読取システム）、電子式商品監視システムと盗難防止装置、コンピュータのモニターおよびテレビ
- **病院**：MRI システム、電磁神経刺激装置、電気メス、その他の医療用機器
- **軍隊**：電源ユニット、潜水艦通信用送信機および高周波送信機

医用診断装置および治療機器以外の IF 装置からの人体ばく露のレベルは、通常、国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）が推奨した制限値を下回っています。しかし、少数の職業カテゴリーの作業員（誘電加熱シーラーや誘導加熱装置のオペレーター、高出力放送設備の近くで作業する一部の軍人や技術者など）は、このレベルよりかなり高いレベルの IF 電磁界にばく露されることがあります。

電磁界は人体にどのように影響を及ぼすか

電磁界（主に電界）と生体との相互作用のメカニズムは、熱的および非熱的の両方について十分に確立しています。一定のばく露条件下で最も低いしきい値で起きる（熱的あるいは非熱的の）有害な影響が制限の対象になるでしょう。IF 範囲内で周波数が高い領域の強電磁界は**熱的損傷**（一定時間、組織が高温に保たれることを要件とする比較的ゆっくりしたプロセス）を引き起こすことがあります。最も明白な傷害は身体内部での急性電流ばく露が原因となり**細胞膜の興奮**が起こることです。この非熱的メカニズムは外部電磁界によって誘導される膜電位の変化の結果生じるものであり、例えば、末梢神経および筋細胞の刺激などを起こします。もう一つのメカニズムは**電気穿孔**です。これは、電磁界によって細胞膜内外間に誘導された過剰な電位により、可逆的あるいは不可逆的に細胞膜に穴が開くことです。この方法は電気ショックによる組織損傷を起こすことがあります。治療を目的として短い電界パルスにより人体組織への薬物透過性を高める研究も行われています。

外部の IF 電磁界は身体内部にこれらの影響を引き起こしますが、それは典型的な環境電磁界レベルよりも何倍も高い電磁界強度においてのみ起こるものです。

報告されている生体影響と健康影響

18 世紀から今まで、電界および磁界の健康への効用が主張されてきました。さらに現代の医療では、IF 領域のパルス電磁界が骨折の治癒および神経の刺激および再生の治療に使われています。一方、家庭においても職場においても、技術に伴う健康障害の可能性について懸念が表明されています。これらの懸念には、労働者の諸障害の訴え（例えば、腫れもの、指のチクチクする痛み、頭痛）、またはコンピュータのモニタやテレビからの IF 電磁界が健康に有害な影響を起こす可能性についての公衆の不安があります。これまで行われた研究は、タイプ別に以下のものがあります。

- **人での研究：**IF ばく露に関する今までの疫学研究の大半は、コンピュータモニタの使用による**生殖および眼への影響**に焦点を当てています。数件の主要レビューの結論は、非常に弱い IF 電磁界を発生するコンピュータモニタは人の健康に対する脅威となることはなく、生殖過程や妊娠の結果に影響を与えないというものです。また、そのようなばく露と眼の異常との関連も確立されていません。女性の無線オペレータおよび電報オペレータを対象とした大規模調査で**乳がん**リスクのわずかな上昇が示されました。しかしながらこの労働者群は、このリスク上昇を説明する可能性のある、多くの他の要因にもばく露されています。生物学的変動が非常に大きく、かつ電磁界を規定する要因の数が多いため、人の健康に関するこれらの研究のどれをとっても、その研究がもつ意味について確固とした結論に達するのは困難です。IF 発生源による最も重大な健康障害のいくつかは、電磁界の**間接的**作用に関係しています。例えば電子式盗難防止システムから発生した電磁界は、植え込み型医用電子機器（例えばペースメーカー、神経刺激装置）と電磁干渉するかも知れません。
- **実験研究：**IF 電磁界を用いた**細胞研究**の報告で、独立的にしっかりと確認された生物学的影響を示したものはごく少数です。マウスを用いた研究では、キロヘルツ範囲の低強度磁界信号ばく露で疾病率、行動の変化、またはリンパ腫発生は示されませんでした。マウス、ラットおよびニワトリ胚の**生殖と発育**に関する少数の研究およびその他に多少の研究が、骨格にわずかな異常が生じる可能性を示唆していますが、全体的には奇形増加を示す明確な証拠はありません。

超低周波電磁界（ELF、これには交流電力周波数が含まれます）および無線周波電磁界（RF、これには移動電話通信が含まれます）と比べ、IF 電磁界の影響に関する研究はこれまでほとんど行われていませんでした。しかし、科学的証拠からは、生活環境および労働環境で普通に見られる IF 電磁界へのばく露により健康への有害な影響が生じることの確信は得られていません。このような結論は、部分的には IF 電磁界を用いた研究に、そしてまた IF 電磁界はその周波数によって ELF および RF 電磁界と同じように身体に作用するという事実に基づいています。

国際基準

ICNIRP は WHO が正式に承認した独立の科学委員会であり、0～300 ギガヘルツの周波数範囲の全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ています。IF 範囲のばく露ガイドラインは、外部電磁界と身体とのカップリングおよび生物学的影響の周波数依存性を前提として、有害な健康影響の可能性に関する科学的文献を厳密にレビューすること、および ELF と RF の周波数範囲から制限値を外挿することによって確立されました。

今後の課題

科学的証拠によれば、ICNIRP のガイドラインを下回るばく露レベルの IF 電磁界によるどのような健康リスクも示唆されていません。しかし現在の知見における不確かさに取り組むために、より一層質の高い研究が必要です。今後、以下の主要分野について研究されることが確認されています。

- **疫学研究**：まずパイロット研究によって、ある程度ばく露レベルが高い集団において高品質のばく露データの収集が実施可能であることが実証され、その結果、十分な統計的検出力が得られ、かつ重要な健康影響が同定された場合にのみ、疫学研究を検討することが推奨されます。
- **ばく露評価**：現在の労働環境および生活環境における電磁界ばく露の大きさと種類について、より明確にその特徴を示すことが必要です。IF 電磁界が使用されている産業およびその他の労働環境においては、設備が適切に運転され、かつばく露ガイドライン値を超えていないことを確保するために、定期検査の実施と記録を行わなければなりません。
- **動物実験**：今後の動物実験は、産業その他の発生源からの人体ばく露と同様のばく露条件を用い、さらに高いばく露レベルについても探索するのがよいでしょう。もし、動物実験において特定の疑わしい作用の道筋が同定された場合には、どのように IF 電磁界が生体に作用するかを明らかにするための細胞レベルまたは生体組織レベルの研究を行うことによって、このような動物実験を補足することになるでしょう。
- **生物学的相互作用**：ばく露ガイドラインの改良、特にパルスまたは複雑な波形の電磁界に関するばく露ガイドラインの改良のために、生物学的相互作用と健康障害の閾値について包括的な理解を深めることが必要です。
- **ドシメトリ**：コンピュータを用いたモデル化技術が出現して、IF 電磁界にばく露された人体内に誘導される電磁界を計算値で示すことが可能になりました。最も先進的な手法では、解剖学的に実物に近い人体模型を計算に用いています。そのような手法は特にリスク評価に適しており、IF 電磁界測定値がばく露制限値を満たすか否かを、一貫性をもって試験をします。そのような評価の際に、必要に応じて女性と子供の人体模型を用いることも考慮することが重要です。

この問題に関する WHO の活動

WHO の国際電磁界プロジェクトは、研究結果のレビューを行い、電磁界ばく露のリスク評価を行うプログラムを確立しています。このプログラムは広報資料の作成を進めています。また、電磁界ばく露基準策定のアプローチを統一するために世界中の諸基準を集めています。がんを含む電磁界ばく露の健康リスクの評価は、WHO のがん専門研究機関である国際がん研究機関 (IARC) と共同で WHO によって、また ICNIRP によって行われています。

詳細資料

Bernhardt JH, McKinlay AF and Matthes R, editors: Possible health risk to the general public from the use of security and similar devices. Report to the European Commission Concerted Action QLK4-1999-01214, ICNIRP, 2002 (ICNIRP 12/2002). (国際非電離放射線防護委員会・欧州委員会報告書「セキュリティ装置およびその同等品の使用による公衆の健康リスクの可能性」)

Matthes R., van Rongen E., Repacholi M., editors: Proceedings of the International Seminar on Health Effects of Exposure to Electromagnetic Fields in the Frequency Range 300 Hz to 10 MHz, Maastricht, The Netherlands, ICNIRP, 1999 (ICNIRP 8/99). (国際セミナー「300Hz から 10MHz までの周波数範囲の電磁界へのばく露の健康影響」)

Litvak E, Foster K R and Repacholi M H (2002): Health and safety implications of exposure to electromagnetic fields in the frequency range 300 Hz to 10 MHz. Bioelectromagnetics 23(1): 68-82. (論文「300Hz から 10MHz までの周波数範囲の電磁界へのばく露に関する健康と安全の問題」)

Matthes R., Bernhardt J., McKinlay A., editors: Guidelines on Limiting Exposure to Non-Ionizing Radiation, ICNIRP, 1999 (ICNIRP 7/99) <http://www.icnirp.de> (国際非電離放射線防護委員会「非電離放射線へのばく露制限に関するガイドライン」)

(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)

電磁界と公衆衛生

電子レンジ

マイクロ波とは？

マイクロ波とは、高い周波数の電磁波（無線周波電磁界）であり、可視光（光）と同様に電磁スペクトルの一部です。マイクロ波は、本来、テレビ放送、航空および航海用レーダ、携帯電話を含む通信に用いられています。また、工場では材料の加工に、医療ではジアルテルミー治療に、台所では食品の調理に用いられています。

マイクロ波は、光と同じように、物質により反射、伝搬または吸収されます。金属はマイクロ波を完全に反射しますが、ガラスや一部のプラスチック類などの非金属はマイクロ波をほぼ透過させます。

水分を含む物質、例えば、食物、液体または組織などはマイクロ波エネルギーを直ちに吸収し、吸収されたそのエネルギーは熱に変換されます。この情報シートは、家庭で使用されている電子レンジについて、その働きおよび安全性の問題を論じます。電磁界の性質、無線周波およびマイクロ波電磁界の健康への影響に関するさらに詳しい説明は、WHO ファクトシート 182 および 183 に書かれています。

電子レンジは安全か？

メーカーの取扱説明書に従って使用する限り、電子レンジは安全であり、様々な食品の加熱および調理に便利です。しかしながら、いくつか用心しなければならないことはあります。特に、マイクロ波ばく露の可能性、熱傷、食品の取扱いに関して事前の対策が必要です。

マイクロ波の安全性：電子レンジは設計により、マイクロ波をレンジ庫内に封じ込めること、さらにスイッチが入り、かつ扉が閉じている状態でしかマイクロ波を発生させないことが確保されています。ガラス製の扉周りからの、および扉を通り抜けてのマイクロ波漏れは、国際的な基準の推奨レベルより十分に低いレベルを限度とするように設計されています。ただし、電子レンジに傷、汚れ、改造があると、マイクロ波漏えいがさらに起こることがあるでしょう。したがって、電子レンジを良好な状態に保つことは大事なことです。使用者は、扉が正しく閉まること、およびインターロック安全装置（扉が開いている間はマイクロ波を発生させない装置で扉に取り付けられています）が正確に働くことをチェックしましょう。扉の密閉シール材は汚れがないようにし、密閉シール材または電子レンジ外面に目につく傷がないようにしましょう。何らかの問題点が見つかった場合や電子レンジの一部が損傷している場合には、適切な資格を持つサービスエンジニアが修理するまで使用を控えるべきです。

マイクロ波エネルギーは人体に吸収され、ばく露された組織内に熱を発生させます。眼球のように血液供給と温度制御が乏しい器官、または睾丸のように温度に敏感な組織は、熱による損傷のリスクが高いです。しかし熱損傷は、電子レンジ周辺で測定されるレベルを十分に上回る非常に高い電力レベルに長時間ばく露された場合にしか起きないでしょう。

熱的安全性：電子レンジで加熱された高温のものに触ることで、従来のオーブンやホットプレートで加熱されたものと同じように熱傷を起こすことがあります。一方、電子レンジでの食品加熱に特有な点がいくつかあります。従来型コンロで水を沸かす場合、沸騰し始めるときに気泡ができることで蒸気を逃がすことができます。電子レンジの場合、容器の内壁に気泡ができずに水が沸点以上に過熱され、突然に沸騰することがあります。このような突然の沸騰は、お湯の中の1個の泡、または外からスプーンなどを入れることが引き金となり起きることがあります。これまでに過熱水による重度の熱傷が起きています。

もう一つのマイクロ波調理に特有な点は、特定の食品の熱に対する反応に関わるものです。表面が多孔性でないもの(ホットドッグなど) または加熱速度が異なる物質でできているもの(例えば卵の黄身と白身) は加熱が一樣でなく、爆発することがあります。このような爆発は、卵や栗を殻付きのまま調理した場合に起こります。

食物の安全性：食物の安全性は健康に関わる重要な問題です。電子レンジ庫内での加熱速度は、電子レンジの定格電力および加熱される食品の水分含有量、密度、分量によって決まります。厚みがある食品にはマイクロ波エネルギーが十分に侵入せず、一樣に調理されないことがあります。もし食品が部分的に十分加熱されないために潜在的に危険性がある微生物を死滅させることができない場合、これは健康リスクになります。一樣に調理されてない可能性があるといっても、電子レンジで加熱した食品は、調理終了後に数分間そのまま置いておけば、食品全体に熱を行きわたらせることができます。

電子レンジで調理された食品は、従来型オーブンで調理された食品と同じように安全であり、栄養的価値も同じです。この2つの調理方法の大きな違いは、マイクロ波エネルギーの方が食品に深く浸透し、食品全体に熱が伝わる時間が短縮されるため、全体の調理時間が短縮されることです。

哺乳瓶などを殺菌できるように設計されているのは決まった種類の電子レンジのみです。このような利用の仕方については、メーカーの取扱説明書に従うべきです。

誤った理解：誤った理解をしないために重要なことは、電子レンジで調理された食品が「放射性物質」になることはないとしっかり理解することです。また、電子レンジのスイッチを切った後、レンジ庫内にも食品にもマイクロ波エネルギーが残存することはありません。この点に関しては、ちょうど電球を消した時に光が残らないように、マイクロ波の振る舞いはまさに光と同じです。

電子レンジの動作のしくみ

家庭用電子レンジは一般に 500～1100 ワットの電力で 2450 メガヘルツで作動します。マイクロ波はマグネトロンと呼ばれる電子管によって生成されます。電子レンジのスイッチが入ると、マイクロ波はレンジ庫内に広がり、攪拌用のファンで反射されて全方向に伝播します。マイクロ波は金属製の内壁で反射されたり、食品に吸収されたりします。一般的にはレンジ庫内のターンテーブルの上に食品を置くことで食品が均一に加熱されるようになっています。マイクロ波エネルギーを吸収した水分子は振動し、その分子間の摩擦で加熱が生じ、その熱で食品が調理されます。

従来型オーブンと違い、マイクロ波は食品にだけ吸収され、その周囲のレンジ庫内には吸収されません。マイクロ波調理専用に設計された皿や容器のみを使用しましょう。電子レンジに適さないプラスチックなど一定の材料は、過熱すると溶けたり、燃え上がったりしま

す。マイクロ波調理専用に設計された容器はマイクロ波によって直接は加熱されません。これらが温くなるのは高温の食品と接触しているからに過ぎません。

電子レンジメーカーは、空の電子レンジを作動させることを推奨しません。食品が置かれていないとマイクロ波エネルギーは反射してマグネトロンに返り、マグネトロンを損傷させることがあります。

新型の電子レンジは設計および性能が大きく変わっていますので、使用者はメーカーの取扱説明書を注意深く読み、それに従いましょう。最新の電子レンジは金属製の食品包装材を許容しますが、メーカーは一般的に、レンジ庫内、特に内壁の近くに金属製のものを置かないことを推奨しています。このようにするとアーク放電が起り、内壁を損傷するかも知れないからです。また、金属はマイクロ波を反射するため、アルミ箔で包まれた食品は調理されず、反対にアルミ箔で包まれていない食品は所定より多くのエネルギーを受けるかも知れず、調理状態にむらができることになります。

国際基準

いくつかの国々は、国際電気標準会議 (IEC)、電気電子学会 (IEEE) の国際電磁安全委員会 (ICES) および欧州電気標準化委員会 (CENELEC) と同様に、電子レンジの製品放射限度値をレンジの外表面から 5 cm の全ての位置において 50 W/m^2 に設定しています。実際には、近年の家庭用電子レンジからの放射はこの国際的限度値を大きく下回っています。また電子レンジ作動中のマイクロ波ばく露を防止するインターロック機能が付いています。その上、ばく露は距離と共に急速に減少します。例えば電子レンジから 50 cm の位置でのばく露は、5 cm の位置の約 1/100 です。

この製品放射限度値は適合性試験を目的として定められたもので、特にばく露の防護を目的としたものではありません。国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) は電磁スペクトルの全範囲に対するばく露制限ガイドラインを公表しています。マイクロ波の周波数範囲におけるばく露ガイドラインは、全ての既知の有害な健康影響を防止するレベルに設定されています。労働者および公衆に対するばく露限度値は、傷害となるような加熱が起こるレベルを十分に下回るレベルに設定されています。上述した電子レンジの放射限度値は ICNIRP 推奨のばく露限度値と一致しています。

WHO の活動

WHO は、国際電磁界プロジェクトを通じて、0~300 ギガヘルツの周波数範囲の電磁界へのばく露に関する研究結果のレビューおよびリスク評価を目的としたプログラムを確立しています。WHO は ICNIRP と共同して、電磁界ばく露による健康リスクの評価を進めています。

国際電磁界プロジェクトは、電磁界ばく露と健康の様々な側面に関する、複数の言語版の WHO ファクトシートにリンクされたウェブサイトを設けています。また、このサイトでは、このプロジェクトおよびその出版物と学術的活動・広報活動に関する情報を提供しています。

(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)

電磁界と公衆衛生

電磁界の環境影響

人工発生源からの電磁界（EMF）のレベルは過去 50 年～100 年の間、着実に上昇しています。そのほとんどは電気および新技術の利用の増大によるものです。これまでの数 10 年間、電磁界ばく露が人の健康に及ぼす潜在的な有害影響は重要な研究課題となっています。しかしながら、陸域および水域の自然環境に対する電磁界の影響に関して研究はほとんど発表されていません。

世界保健機関（WHO）は、国際電磁界プロジェクトを通じてこの課題に取り組んでいます。このプロジェクトの目的の 1 つは、電磁界が健康と環境に及ぼす影響に関して、また必要に応じて防護措置または行動に関して、各国の当局等に助言を行うことです。

この情報シートは、0～300 ギガヘルツの周波数範囲の電磁スペクトラムにわたる電磁界へのばく露が生活環境に及ぼす影響について、現在の科学的理解を要約しています。この周波数範囲には、電磁界技術の利用によって環境中に放射される全ての周波数が含まれています。また、電磁界の環境影響評価の改善に必要な知識の欠落を埋めるために、今後の研究に関する推奨も提示しています。

電磁界の環境影響を心配する理由がありますか？

持続可能な発展の基礎となる陸域および水域生態系の保全を確実にするために、電磁界が環境に対して及ぼすいかなる影響も承知しておくことは重要です。環境を保護し、自然を保全することは公衆と政府にとって大きな関心を引く問題になっています。このような関心は、ダム、原子力発電所、および無線周波送信機など大規模技術プロジェクトの環境影響の可能性をめぐる懸念として表面化することがしばしばあります。既にいくつかのプロジェクトは、電磁界だけではありませんが電磁界を含む環境上の理由で公衆の圧力を免れませんでした。例えば、実現すれば世界最大のラジオ局となったであろう、イスラエルでのボイス・オブ・アメリカの高周波（HF）無線送信機の建設提案は環境上の理由で阻止されました。その理由の一部は、渡り鳥に対する無線周波電磁界の影響の可能性が懸念されたことでした。

電磁界の環境ばく露に関する公衆の懸念は、電力線下に放牧された乳牛の搾乳量減少についての苦情から高出力レーダ近くの樹木の損傷までいろいろあります。そのような懸念は新技術の開発にも影響を及ぼす可能性があります。例えば、1960 年代後半以降、太陽電池パネルアレイを軌道に乗せて宇宙空間で発電する計画がいくつか提案されています。そのような太陽光発電衛星によって発電された大電力は地上の大型アンテナへと送電されることになるでしょう。技術上の困難さの克服ばかりでなく、このような新技術は公衆に受け容れられなければなりません。

環境ばく露の発生源

私たちは電磁界環境の中で暮らしていますが、この電磁界環境は自然発生源と人工発生源からの放射で作られています。**自然発生源**は、太陽、地球、大気（稲妻放電を含む）からの電磁界放射が含まれますが、これは0～300ギガヘルツの周波数範囲の電磁界放射全体のごく一部を占めるに過ぎません。主だった諸技術からの**人工発生源**は、環境への電磁界放射全体の大きな部分になっています。そのような発生源には以下のものがあります。

- **FM ラジオおよびテレビ送信機**：ほとんどの都市地域で最も強い無線周波電磁界は、ラジオ放送とテレビ放送事業に関係するものです（詳しくはファクトシート 183 を参照）。都市地域では、携帯電話基地局からの電磁界もこれと同等の強さに達しているかも知れません。
- **レーダー**：レーダー装置は、ナビゲーションから航空機およびミサイル監視システムまで様々な用途に使用されています（詳しくはファクトシート 226 を参照）。車両の衝突防止レーダーシステムは今後広く普及すると予想されます。
- **高圧電力線**：電力線は電力（通常は 50 ヘルツまたは 60 ヘルツ）を届けるもので、その長さは何百キロに及ぶこともあります（人の健康に対する電力線の影響に関する詳しい情報はファクトシート 205、263 を参照）。
- **海底電力ケーブル**：海底ケーブルは海を横断して送電を行うため、欧州（特にスカンジナビア諸国およびギリシャ）、カナダ、日本、ニュージーランド、フィリピンで使用されています。これらの海底ケーブルは、通常1000アンペアまたはそれ以上の大量の直流電流を通します。

これらの発生源のほとんどにおいて、実質的な電磁界は発生源の隣接区域にしか存在しません。そこでの電磁界は人体ばく露制限の国際的ガイドラインを上回る可能性があります（ICNIRP 1998）。通常、これらの区域へ公衆は立ち入りできませんが、動物は入り込むこともあるでしょう。なお、電磁界発生源から遠ざかると電磁界は急激に低下し、ICNIRP のばく露ガイドラインを下回る強度になります。

関連研究の要約

動物

動物を用いた電磁界影響の研究の大半は、人の健康への有害な影響の可能性を調べるために行われてきました。これらの研究は、毒性学研究に用いられる標準的な実験動物、例えばラットおよびマウスで一般的に行われますが、遺伝毒性的影響を調べるために寿命の短いハエなどの種を用いた研究もあります。一方、この情報シートの主題は、電磁界が野生動物および家畜などの動物種に対し有害な影響を及ぼすか否かということです。これについては、以下の動物種が検討されています。

- 方位確認および飛行の手がかりに用いられると思われる要因の1つとして、自然の静磁界（地磁気）を頼りにしている動物種。個別には、特定の種類の魚・爬虫類・ほ乳類、および渡り鳥などです。
- 電力線（50/60ヘルツ）の下または放送用アンテナ近くに放牧されている家畜（豚、羊、牛など）。
- 高出力無線周波アンテナの主ビームおよびレーダービームを通り抜けるか、または電力線

近傍の高強度の超低周波電磁界を通り抜けることがある飛行動物(鳥および昆虫など)。

今日までの研究からは、ICNIRP のガイドラインを下回るレベルで、電磁界が動物相に影響を及ぼすことを示す証拠はほとんど見出されていません。特に、電力線下で放牧されている牛に対する有害な影響は見出されませんでした。一方、1 kV/m を上回る電界内で昆虫の飛行能力が弱まることは知られていますが、そのような影響が顕著に見られるのは、導電性の巣箱を電力線の直下に置かれたミツバチのみです。絶縁も接地もせずに導体を電界中に置くと、その導体は電荷を帯びて、動物、鳥類および昆虫類に傷を負わせたり、行動を混乱させたりします。

植物

植物および作物を 50-60 ヘルツの電磁界にばく露させた野外研究では、環境中で通常見られる電磁界レベルでも、また、最高で 765 kV 電力線直下の電磁界レベルにおいてさえも影響は見られていません。ただし、植物の成長に影響を与える環境条件（土壌、天候など）の規定要因は変動するため、電界ばく露によって生じたかも知れない弱い影響は観測できなかったとも考えられます。ICNIRP のガイドラインレベルを大きく上回る電界強度で、葉の先端部でのコロナ放電により樹木の損傷が起こることはよく知られています。そのようなレベルの電界は超高压電力線の導体の直ぐ近くでしか見られません。

水生生物

すべての生物は地球の磁界（地磁気）にばく露されていますが、海洋動物は、それに加えて地磁気の中を運動する潮流によって生じる自然の電界にもばく露されています。海中のサメやエイ、また淡水中のナマズなど電気感受性をもつ魚類は、電气的感覚器を用いて微弱な電界に反応して体の向きを定めることができます。何人かの研究者は、海底送電ケーブルに極めて接近した区域では、ケーブルからの人工電磁界がこれらの動物の探餌行動と航行能力を妨害するかも知れないことを示唆しています。しかし、回遊魚（例えば、サケおよびウナギなど）および海底に生息する比較的移動の少ない動物（例えば軟体動物類）に対する海底ケーブルの影響を評価した今日までの研究では、大きな行動学的または生物学的な影響は見出されていません。

結論

陸域および水域生態系に対する電磁界のリスクを取り扱った研究の数は限られていますが、これらの研究からは、極めて強力な発生源の近くでのいくつかの影響以外には、大きな環境影響の証拠はほとんどあるいは全く示されていません。現在の知識によれば、人の健康を防護するための ICNIRP ガイドラインに定められたばく露制限値は環境も保護しています。

今後の課題

植物、鳥類などの動物、その他の生物に対する電磁界の有害な影響は、それ自体も重要ですが、究極的には人の生命および健康にも影響を及ぼす可能性があるため、環境に関する研究は必要です。しかし、現に存在するこの分野の研究の多くは、方法がばらばらで、研究の質も一様ではありません。環境電磁界のレベル上昇により提起されている科学的課題に取り組む、調整の図られた研究アジェンダは作られていません。前述された事実の数々を考えると、その他の健康諸問題の中でこの分野に研究優先度を付与するような緊急の必要性はありません。それでも、この分野で小規模ながら活発な研究の努力を続けると同時に、それらの研究の有益性を高めるために以下のことが必要でしょう。

- 野生生物種を念頭に置き、電磁界エネルギーの新規人工発生源に対するその生物種の反応可

能性の同定に的を絞った研究を計画すること。この場合、研究対象の生物種を適切に選択することが非常に重要です（例えば、電磁界強度が高い区域に入ることがある鳥類など）。

- 優れた研究から情報を引き出して、様々な周波数の電磁界ばく露に関する**環境ガイドライン**を作成すること。そのようなガイドラインは人の健康に関して作成されたガイドラインと類似したものになるでしょうが、環境に悪い影響をもたらすレベルより低い電磁界レベルを確保するために、必要に応じて適合させた閾値を用いたものになるでしょう。

詳細資料

以下の文献は、この主題をより深く取り扱っています。

- Matthes R., Bernhardt J., Repacholi M., editors: *Proceedings of the International Seminar on Effects of Electromagnetic Fields on the Living Environment*, Ismaning, Germany, ICNIRP, 2000 (ICNIRP 10/2000). (国際セミナー「生活環境への電磁界の影響」)
- Foster K. and Repacholi M. *Environmental Impacts of Electromagnetic Fields From Major Electrical Technologies*. (論文「主要な電気技術からの電磁界が環境に及ぼす影響」)
- Matthes R., Bernhardt J., McKinlay A., editors: *Guidelines on Limiting Exposure to Non-Ionizing Radiation*, ICNIRP, 1999 (ICNIRP 7/99). (国際非電離放射線防護委員会「非電離放射線へのばく露制限に関するガイドライン」)

(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)

Media centre

Electromagnetic fields and public health: mobile phones

Fact sheet N°193

Reviewed October 2014

Key facts

- Mobile phone use is ubiquitous with an estimated 6.9 billion subscriptions globally.
- The electromagnetic fields produced by mobile phones are classified by the International Agency for Research on Cancer as possibly carcinogenic to humans.
- Studies are ongoing to more fully assess potential long-term effects of mobile phone use.
- WHO will conduct a formal risk assessment of all studied health outcomes from radiofrequency fields exposure by 2016.

Mobile or cellular phones are now an integral part of modern telecommunications. In many countries, over half the population use mobile phones and the market is growing rapidly. In 2014, there is an estimated 6.9 billion subscriptions globally. In some parts of the world, mobile phones are the most reliable or the only phones available.

Given the large number of mobile phone users, it is important to investigate, understand and monitor any potential public health impact.

Mobile phones communicate by transmitting radio waves through a network of fixed antennas called base stations. Radiofrequency waves are electromagnetic fields, and unlike ionizing radiation such as X-rays or gamma rays, can neither break chemical bonds nor cause ionization in the human body.

Exposure levels

Mobile phones are low-powered radiofrequency transmitters, operating at frequencies between 450 and 2700 MHz with peak powers in the range of 0.1 to 2 watts. The handset only transmits power when it is turned on. The power (and hence the radiofrequency exposure to a user) falls off rapidly with increasing distance from the handset. A person using a mobile phone 30–40 cm away from their body – for example when text messaging, accessing the Internet, or using a “hands free” device – will therefore have a much lower exposure to radiofrequency fields than someone holding the handset against their head.

In addition to using “hands-free” devices, which keep mobile phones away from the head and body during phone calls, exposure is also reduced by limiting the number and length of calls. Using the phone in areas of good reception also decreases exposure as it allows the phone to transmit at reduced power. The use of commercial devices for reducing radiofrequency field exposure has not been shown to be effective.

Mobile phones are often prohibited in hospitals and on airplanes, as the radiofrequency signals may interfere with certain electro-medical devices and navigation systems.

Are there any health effects?

A large number of studies have been performed over the last two decades to assess whether mobile phones pose a potential health risk. To date, no adverse health effects have been established as being caused by mobile phone use.

Short-term effects

Tissue heating is the principal mechanism of interaction between radiofrequency energy and the human body. At the frequencies used by mobile phones, most of the energy is absorbed by the skin and other superficial tissues, resulting in negligible temperature rise in the brain or any other organs of the body.

A number of studies have investigated the effects of radiofrequency fields on brain electrical activity, cognitive function, sleep, heart rate and blood pressure in volunteers. To date, research does not suggest any consistent evidence of adverse health effects from exposure to radiofrequency fields at levels below those that cause tissue heating. Further, research has not been able to provide support for a causal relationship between exposure to electromagnetic fields and self-reported symptoms, or “electromagnetic hypersensitivity”.

Long-term effects

Epidemiological research examining potential long-term risks from radiofrequency exposure has mostly looked for an association between brain tumours and mobile phone use. However, because many cancers are not detectable until many years after the interactions that led to the tumour, and since mobile phones were not widely used until the early 1990s, epidemiological studies at present can only assess those cancers that become evident within shorter time periods. However, results of animal studies consistently show no increased cancer risk for long-term exposure to radiofrequency fields.

Several large multinational epidemiological studies have been completed or are ongoing, including case-control studies and prospective cohort studies examining a number of health endpoints in adults. The largest retrospective case-control study to date on adults, Interphone, coordinated by the International Agency for Research on Cancer (IARC), was designed to determine whether there are links between use of mobile phones and head and neck cancers in adults.

The international pooled analysis of data gathered from 13 participating countries found no increased risk of glioma or meningioma with mobile phone use of more than 10 years. There are some indications of an increased risk of glioma for those who reported the highest 10% of cumulative hours of cell phone use, although there was no consistent trend of increasing risk with greater duration of use. The researchers concluded that biases and errors limit the strength of these conclusions and prevent a causal interpretation.

Based largely on these data, IARC has classified radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans (Group 2B), a category used when a causal association is considered credible, but when chance, bias or confounding cannot be ruled out with reasonable confidence.

While an increased risk of brain tumors is not established, the increasing use of mobile phones and the lack of data for mobile phone use over time periods longer than 15 years warrant further research of mobile phone use and brain cancer risk. In particular, with the recent popularity of mobile phone use among younger people, and therefore a potentially longer lifetime of exposure, WHO has promoted further research on this group. Several studies investigating potential health effects in children and adolescents are underway.

Exposure limit guidelines

Radiofrequency exposure limits for mobile phone users are given in terms of Specific Absorption Rate (SAR) – the rate of radiofrequency energy absorption per unit mass of the body. Currently, two international bodies ^{1,2} have developed exposure guidelines for workers and for the general public, except patients undergoing medical diagnosis or treatment. These guidelines are based on a detailed assessment of the available scientific evidence.

WHO'S response

In response to public and governmental concern, WHO established the International Electromagnetic Fields (EMF) Project in 1996 to assess the scientific evidence of possible adverse health effects from electromagnetic fields. WHO will conduct a formal risk assessment of all studied health outcomes from radiofrequency fields exposure by 2016. In addition, and as noted above, the International Agency for Research on Cancer (IARC), a WHO specialized agency, has reviewed the carcinogenic potential of radiofrequency fields, as from mobile phones in May 2011.

WHO also identifies and promotes research priorities for radiofrequency fields and health to fill gaps in knowledge through its research agendas.

WHO develops public information materials and promotes dialogue among scientists, governments, industry and the public to raise the level of understanding about potential adverse health risks of mobile phones.

¹ International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). *Statement on the "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)"*, 2009.

² Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). *IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz*, IEEE Std C95.1, 2005.

For more information contact:

WHO Media centre
Telephone: +41 22 791 2222
E-mail: mediainquiries@who.int

Related link

Interphone study on mobile phone use and brain cancer risk [pdf
176kb]

The International Electromagnetic
Fields Project

Electromagnetic fields: base
stations and wireless technologies

Electromagnetic fields:
electromagnetic hypersensitivity

WHO research agenda for
electromagnetic fields

ELECTROMAGNETIC FIELDS AND PUBLIC HEALTH

The International EMF Project

Recent years have seen an unprecedented increase in the number and diversity of sources of electric and magnetic fields (EMF) used for individual, industrial and commercial purposes. Such sources include television, radio, computers, mobile cellular phones, microwave ovens, radars and equipment used in industry, medicine and commerce.

All these technologies have made our life richer and easier. Modern society is inconceivable without computers, television and radio. Mobile phones have greatly enhanced the ability of individuals to communicate with each other and have facilitated the dispatch of emergency medical and police aid to persons in both urban and rural environments. Radars make air travelling much safer.

At the same time, these technologies have brought with them concerns about possible health risks associated with their use. Such concerns have been raised about the safety of cellular mobile telephones, electric power lines and police speed-control "radar guns". Scientific reports have suggested that exposure to electromagnetic fields emitted from these devices could have adverse health effects, such as cancer, reduced fertility, memory loss, and adverse changes in the behaviour and development of children. However, the actual level of health risk is not known, although for certain types of EMF, at levels found in the community, it may be very low or non-existent.

There is also confusion about the biological effects of *non-ionizing* radiations (e.g radio waves, microwaves, etc.) versus *ionizing* radiations such as X-rays and gamma rays.

The conflict between concerns about possible health effects from exposure to EMF and the development of electricity supply and telecommunications facilities have led to considerable economic consequences. For example, electrical utilities in many countries have had to divert high voltage transmission lines around populated areas and even halt their construction. The installation of base stations for mobile telephone systems has been delayed or has met opposition from the public because of concerns that the RF emissions from these base stations might cause cancer in children. In the United States, for example, 85% of the total number of base stations needed have yet to be constructed.

Measures to significantly reduce electric and magnetic fields in the environment, below what is now commonly accepted, are costly. It has been estimated that concerns about EMF and health are now costing the United States economy alone some **US\$1 billion** annually. However, if unacceptable health risks do occur, costly prevention measures will be required.

In May 1996, in response to growing public health concerns in many Member States over possible health effects from exposure to an ever-increasing number and diversity of EMF sources, the World Health Organization (WHO) launched an international project to assess health and environmental effects of exposure to electric and magnetic fields, which became known as **the International EMF Project**.

The International EMF Project brings together current knowledge and available resources of key international and national agencies and scientific institutions in order to arrive at scientifically-sound recommendations for health risk assessments of exposure to **static and time varying electric and magnetic fields in the frequency range 0-300 GHz**. This range includes **static (0 Hz)**, **extremely low frequency (ELF, >0 - 300 Hz)**, **intermediate frequencies (IF, 300 Hz - 10 MHz)** and **radio-frequency fields (RF, 10 MHz - 300 GHz)**.

This Project has been devised to provide authoritative and independent peer-review of the scientific literature, and identify and fill gaps in scientific knowledge by establishing protocols for the conduct of research using compatible and comparable methodologies, and by encouraging more focused research that should lead to better health risk assessments in the EMF domain. The International EMF Project:

- reviews the scientific literature on biological effects of EMF exposure;
- identifies gaps in knowledge requiring research that will improve health risk assessments;
- encourages a focused agenda of high quality EMF research;
- formally assesses health risks of EMF exposure after the required research is completed;
- encourages internationally acceptable uniform standards;
- provides information on risk perception, risk communication, risk management; and,
- advises national programmes and non-governmental institutions.

An **International Advisory Committee (IAC)**, consisting of representatives of international organizations, independent scientific institutions and national governments supporting the Project, provides oversight. All activities are coordinated and facilitated by the WHO Secretariat.

International organizations supporting and participating in the Project include (in alphabetical order): European Commission (**EC**); International Agency for Research on Cancer (**IARC**); International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (**ICNIRP**); International Electrotechnical Commission (**IEC**); International Labour Office (**ILO**); International Telecommunication Union (**ITU**); North Atlantic Treaty Organization (**NATO**) and United Nations Environment Programme (**UNEP**).

The scientific work is conducted by **ICNIRP** and independent **WHO scientific collaborating institutions**, including National Radiological Protection Board (UK), Bundesamt für Strahlenschutz (Germany), Karolinska Institute (Sweden), Food and Drug Administration (USA), National Institute of Environmental Health Sciences (USA), National Institute of Occupational Safety and Health (USA), National Institute for Environment Studies (Japan).

Over 40 national governments have contributed to or are interested in the activities of the Project.

Scientific activities of the International EMF Project include review meetings to arrive at health risk assessments for various types of electromagnetic fields and their specific application. Independent expert groups, using accepted assessment criteria, review the literature on biological effects of EMF. These reviews are timed to allow needed research to be completed so that the results can be included in the publications on health risk assessments.

The International EMF Project will publish documents on risk perception, risk communication and risk management in order to improve communications among those concerned, including an increasingly sceptical public and workforce, about possible health risks of EMF exposure. For more information, see the Internet site of the International EMF Project at <http://www.who.int/emf>

As a result of the International EMF Project, a number of monographs are expected to be published by WHO in the Environmental Health Criteria series. They will address the health effects of exposure to RF, ELF and static fields, as well as risk perception, communication and management, and public and occupational health policy.

It is expected that the Project will facilitate the development of universally acceptable standards on limits of human exposure to EMF, standards on the measurement and compliance of EMF emissions for various devices, and a better understanding on how best to communicate information to the public and workers on possible risks from EMF exposure.

For further information, please contact the Office of Press and Public Relations, WHO, Geneva. Telephone (41 22) 791 2599, Fax (41 22) 791 4858, Email: info@who.int

All WHO Press Releases, Fact Sheets and Features, as well as specific information on this subject can be obtained on Internet on the WHO home page <http://www.who.int>

ELECTROMAGNETIC FIELDS AND PUBLIC HEALTH

Physical Properties and Effects on Biological Systems

Natural and many human-made sources generate electromagnetic energy in the form of electromagnetic waves. These waves consist of oscillating electric and magnetic fields which interact differently with **biological systems** such as cells, plants, animals, or human beings. In order to better understand these interactions, it is essential to be familiar with the physical properties of the waves which make up the electromagnetic spectrum.

Electromagnetic waves can be characterized by their **wavelength**, **frequency**, or **energy**. The three parameters are interrelated. Each influences the effect the field may have on a biological system.

- The **frequency** of an electromagnetic wave is simply the number of oscillations which passes a fixed point per unit of time. It is measured in cycles per second, or *hertz*. One cycle per second equals one **hertz (Hz)**. Large divisions commonly used to describe radio frequency (RF) fields include the **kilohertz (kHz)**, or one thousand cycles per second; the **megahertz (MHz)**, one million cycles per second; and the **gigahertz (GHz)**, one billion cycles per second.
- **The shorter the wavelength, the higher the frequency.** The middle of the AM broadcast band, for example, has a frequency of one million hertz (1 MHz) and a wavelength of about 300 metres. Microwave ovens use a frequency of 2.45 billion hertz (2.45 GHz) and a wavelength of 12 centimetres.
- An electromagnetic wave consists of very small packets of energy called **photons**. The energy in each packet or photon is directly proportional to the frequency of the wave: **The higher the frequency, the larger the amount of energy** in each photon.

How electromagnetic waves affect biological systems is determined partly by the intensity of the field and partly by the amount of energy in each photon.

Electromagnetic waves at low frequencies are referred to as "**electromagnetic fields**" and those at very high frequencies are called "**electromagnetic radiations**". According to their frequency and energy, electromagnetic waves can be classified as either "**ionizing radiations**" or "**non-ionizing radiations**" (NIR).

- **Ionizing radiations** are extremely high frequency electromagnetic waves (X-rays and gamma rays), which have enough photon energy to produce **ionization** (create positive and negative electrically charged atoms or parts of molecules) by breaking the atomic bonds that hold molecules in cells together.
- **Non-ionizing radiations (NIR)** is a general term for that part of the electromagnetic spectrum which has photon energies too weak to break atomic bonds. They include **ultraviolet (UV) radiation, visible light, infrared radiation, radiofrequency and microwave fields, extremely low frequency (ELF) fields**, as well as **static electric and magnetic fields**.
- **Even high intensity NIR cannot cause ionization in a biological system.** NIR, however, have been shown to produce other biological effects, for instance, by

heating, altering chemical reactions or inducing electrical currents in tissues and cells.

Electromagnetic waves may produce **biological effects** which may **sometimes**, but **not always**, lead to **adverse health effects**. It is important to understand the difference between the two:

- A **biological effect** occurs when exposure to electromagnetic waves causes some noticeable or detectable physiological change in a biological system.
- An **adverse health effect** occurs when the biological effect is outside the normal range for the body to compensate, and thus leads to some detrimental health condition.

Some biological effects can be innocuous, such as the body's reaction of increasing blood flow in the skin in response to slightly greater heating from the sun. Some effects can be advantageous, such as the feeling of warmth of direct sunshine on a cool day, or can even lead to positive health effects, such as the sun's role in helping the body produce vitamin D. However, some biological effects lead to adverse health effects, such as the pain of sunburn or skin cancer.

The International EMF Project of the World Health Organization is addressing the health concerns raised about exposure to radiofrequency (RF) and microwave fields, intermediate frequencies (IF), extremely low frequency (ELF) fields, and static electric and magnetic fields. These electromagnetic fields can produce different biological effects that may lead to health consequences.

Intermediate frequency (IF) and Radiofrequency (RF) fields are known to produce **heating and the induction of electrical currents**. Other less established biological effects have also been reported.

- **Fields** at frequencies **above about 1 MHz** primarily cause **heating** by moving ions and water molecules through the medium in which they exist. Even very low levels of energy produce a small amount of heat, but this heat is carried away by the body's normal thermoregulatory processes without the person noticing it.
- A number of studies at these frequencies suggest that **exposure to fields too weak to cause heating** may have adverse health consequences, including cancer and memory loss. Identifying and encouraging coordinated research into these open questions is one of the major objectives of the **International EMF Project**.
- **Fields** at frequencies **below about 1 MHz** primarily induce electrical charges and currents which can stimulate cells in tissues such as nerves and muscles. Electrical currents already exist in the body as a normal part of the chemical reactions involved in living. If fields induce currents significantly exceeding this background level in the body, there is a possibility of adverse health consequences.

Extremely Low Frequency (ELF) electric and magnetic fields. The primary action in biological systems by these fields is the **induction of electrical charges and currents**. This mechanism of action is unlikely to explain the health effects, such as cancer in children, reported to occur from exposure to "environmental" levels of ELF fields.

- **ELF electric fields** exist whenever a charge (voltage) is present, regardless of whether any current is flowing. Almost none of the electric field penetrates into the human body. At very high field strengths they can be perceived by hair movement on the skin. However, some studies suggest that exposure to low levels of these fields is associated with an increased incidence of childhood cancer or other health consequences. Other studies do not. **The International EMF Project** is recommending that more focused research be conducted to improve health risk assessments.
- **ELF magnetic fields** exist whenever an electric current is flowing. They easily

penetrate the human body without any significant attenuation. Some epidemiological studies have reported associations between ELF fields and cancer, especially in children, but others have not. Research on effects of low-level (environmental) ELF fields is currently underway, including that monitored and encouraged by the **International EMF Project**.

Static electric and magnetic fields. While the primary action in biological systems by these fields is the **induction of electrical charges and currents**, other effects have been established to occur that could potentially lead to adverse health consequences, but only at very high field strengths.

- **Static electric fields** do not penetrate into the body, but can be perceived by skin hair movement. Except for electrical discharges from strong static electric fields, they do not seem to have significant health effects.
- **Static magnetic fields** have virtually the same strength inside the body as outside. Very intense static magnetic fields can alter blood flow or change normal nerve impulses. But such high field strengths are not found in everyday life. However, there is insufficient information about the effects of long-term exposure to static magnetic fields at levels found in the working environment.

Safety Standards: In order to ensure that human exposure to EMF should not have adverse health effects, that man-made EMF generating devices are safe and their use does not electrically interfere with other devices, various international guidelines and standards are adopted. Such standards are developed following reviews of all the scientific literature by groups of scientists who look for evidence of consistently reproduced effects with adverse health consequences. These groups then recommend guidelines for standards for action by the appropriate national and international bodies. A non-governmental organization, formally recognised by WHO in the field of NIR protection, is the **International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)**. ICNIRP has established international guidelines on human exposure limits for all electromagnetic fields, including ultraviolet (UV) radiation, visible light and infrared radiation, as well as RF fields and microwaves.

Electromagnetic waves are generated by natural, but mostly by human-made sources. Their spectrum includes both **ionizing** and **non-ionizing radiations (NIR)**.

Ionizing radiations (X-rays and gamma rays) have enough energy to create positive and negative electrically charged atoms or parts of molecules by breaking the atomic bonds that hold molecules in cells together. This effect is called **ionization**.

Even high intensity **NIR cannot cause ionization** in the biological system. NIR, however, have been shown to produce other biological effects, for instance, by heating, altering normal chemical reactions or inducing electrical currents in tissues.

The International EMF Project of the World Health Organization deals with the health effects of **static, extremely low frequency (ELF), intermediate frequencies (IF) and radiofrequency (RF) electromagnetic fields (0-300 GHz)**.

Electromagnetic waves of different frequencies interact differently with **biological systems**, such as cells, plants, animals, or human beings. The extent they affect biological systems depends partly on their **intensity** and partly on the **amount of energy in photons**.

Biological effects produced by electromagnetic waves may sometimes, but **not always**, lead to adverse health effects.

For further information, please contact the Office of Press and Public Relations, WHO, Geneva. Telephone (41 22) 791 2599. Fax (41 22) 791 4858. Email: info@who.int

All WHO Press Releases, Fact Sheets and Features, as well as specific information on this subject can be obtained on Internet on the WHO home page <http://www.who.int>

© WHO/OMS, 1998 | Concept

ELECTROMAGNETIC FIELDS AND PUBLIC HEALTH

Health Effects of Radiofrequency Fields

This Fact Sheet is based on the Environmental Health Criteria 137 "Electromagnetic Fields (300 Hz to 300 GHz), World Health Organization, Geneva, 1993, and the report of the Scientific Review under the auspices of the International EMF Project of the World Health Organization, Munich, Germany, November 1996.

Radiofrequency (RF) fields are part of the electromagnetic spectrum. For the purpose of the International EMF Project, such fields are defined as those within the frequency range **10 MHz** (or 10 000 kHz) and **300 GHz**. Natural and human-made sources generate RF fields of different frequency.

Common sources of RF fields include: FM radio (30 - 300 MHz), mobile telephones, television broadcast, microwave ovens, medical diathermy (0.3 - 3 GHz), radar, satellite links, microwave communications (3 -30 GHz) and the sun (3 -300 GHz).

RF fields are **non-ionizing radiations (NIR)**. Unlike X-rays and gamma rays, they are much too weak to break the bonds that hold molecules in cells together and, therefore, produce ionization. RF fields may, however, produce different effects on biological systems such as cells, plants, animals, or human beings. These effects depend on **frequency** and **intensity** of the RF field. By no means, will all of these effects result in adverse health effects.

RF fields above 10 GHz are absorbed at the skin surface, with very little of the energy penetrating into the underlying tissues.

- The basic dosimetric quantity for RF fields above 10 GHz is the **intensity** of the field measured as **power density** in watts per square metre (**W/m²**) or for weak fields in milliwatts per square metre (**mW/m²**) or microwatts per square metre (**μW/m²**).
- For adverse health effects, such as eye cataracts and skin burns, to occur from exposure to RF fields above 10 GHz, power densities **above 1000 W/m²** are needed. Such densities are not found in everyday life. They do exist in very close proximity to powerful radars. Current exposure standards preclude human presence in this areas.

RF fields between 10 MHz and 10 GHz penetrate exposed tissues and produce **heating** due to **energy absorption** in these tissues. The depth of penetration of the RF field into the tissue depends on the frequency of the field and is greater for lower frequencies.

- **Energy absorption** from RF fields in tissues is measured as a **specific absorption rate (SAR)** within a given tissue mass. The unit of SAR is **watts per kilogram (W/kg)**. SAR is the basic dosimetric quantity for RF fields **between about 1 MHz and 10 GHz**.

- An **SAR** of at least **4 W/kg** is needed to produce adverse health effects in people exposed to RF fields in this frequency range. Such energies are found tens of meters away from powerful FM antennas at the top of high towers, which makes these areas inaccessible.
- **Most adverse health effects** that could occur from exposure to RF fields between 1 MHz and 10 GHz are consistent with responses to **induced heating**, resulting in rises in tissue or body temperatures **higher than 1C**.
- **Induced heating** in body tissues may provoke various **physiological** and **thermoregulatory responses**, including a decreased ability to perform mental or physical tasks as body temperature increases. Similar effects have been reported in people subject to heat stress: for example, those working in hot environments or suffering a prolonged fever.
- Induced heating may affect **the development of a fetus**. **Birth defects** would occur only if the temperature of the fetus is raised by **2-3C** for hours. Induced heating can also affect **male fertility** and lead to the induction of **eye opacities** (cataracts).
- **It is important to emphasize that most RF studies conducted at frequencies exceeding 1 MHz, examined the results of acute exposure to high levels of RF fields - an exposure that is not normally found in everyday life.**

Other effects on the body from exposure to **low-intensity RF fields**, present in the living environment, have been reported. But, either they have not been confirmed by other laboratory studies, or their health implications are unknown. However, these studies have raised important health concerns about an increased risk of cancer. It is for this reason that they are being monitored and evaluated under the **International EMF Project**.

Exposure to RF fields and cancer: Current scientific evidence indicates that exposure to RF fields is unlikely to induce or promote cancers.

- **Cancer studies using animals have not provided convincing evidence for an effect on tumour incidence.** A recent study found that RF fields, similar to those used in mobile telecommunications, increased the incidence of cancer among genetically engineered mice that were exposed near (0.65m) an RF transmitting antenna. Further studies will be carried out to determine the relevance of these results to cancer in human beings.
- Many epidemiological (**human health**) studies have addressed possible links between exposure to RF fields and excess risk of cancer. To date these studies do not provide enough information to allow a proper evaluation of human cancer risk from RF exposure because the results of these studies are inconsistent. This can be explained by differences in the design, execution and interpretation of these studies, including the identification of populations with substantial RF exposure and retrospective assessment of such exposure. The International EMF Project is encouraging coordinated research in this area.

Exposure to low-levels of RF fields, too low to produce heating, has been reported to alter the electrical activity of the brain in cats and rabbits by changing calcium ion mobility. This effect has also been reported in isolated tissues and cells. Other studies have suggested that RF fields change the proliferation rate of cells, alter enzyme activity or affect the genes in the DNA of cells. However, these effects are not well established, nor are their implications for human health sufficiently well understood to provide a basis for restricting human exposure.

Electromagnetic interference and other effects: Mobile telephones, as well as many other electronic devices in common use, can cause electromagnetic interference in other electrical equipment. Therefore, caution should be exercised when using mobile telephones around sensitive electromedical equipment used in hospital intensive care units. Mobile telephones can, in rare instances, also cause interference in certain other medical devices, such as cardiac pacemakers and hearing aids. Individuals using such devices should contact their doctor to determine the susceptibility of their products to

these effects.

RF fields from **natural sources** have very low power densities. RF intensity from **the sun** - the primary natural source - is **less than 0.01 mW/m²**. **Human-made sources**, which emit the majority of RF fields found in the immediate environment, can be divided into those found in **the community, home, and workplace**:

- **Community**: Most RF fields found in the environment are due to commercial **radio and TV broadcasting**, and from **telecommunications facilities**. RF exposure from telecommunications facilities is generally less than from radio or TV broadcasting. A study conducted in the United States found that, **in large cities, the average background RF levels were about 50 µW/m²**. About 1% of people living in large cities are exposed to RF fields **exceeding 10 mW/m²**. Higher RF field levels can occur in areas located close to transmitter sites or radar systems.
- **Home**: RF sources in the home include microwave ovens, mobile telephones, burglar alarms, video display units and TV sets. Microwave ovens that could potentially be the source of very high RF levels, are covered by product performance standards which limit the amount of microwave leakage. Overall, the RF field background from household appliances is low, and of the order of **a few tens of µW/m²**.
- **Workplace**: Relatively high levels of exposure to RF fields can occur to workers in the **broadcasting, transport and communications industries** when they work **in close proximity** to RF transmitting antennas and radar systems. An important subset of these workers are **military personnel**. Stringent regulations controlling the civil and military use of RF fields exist in most countries.

Safety Standards: To ensure that devices emitting RF are safe and their use does not interfere with other devices, international standards are adopted. Exposure limits for RF fields have been developed by the **International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)** - a nongovernmental organization formally recognized by WHO. ICNIRP guidelines were developed following reviews of all the peer-reviewed scientific literature, including thermal and non-thermal effects. **The RF field limits are well above the levels found in the living environment**. The standards are based on evaluations of biological effects that have been established to have health consequences. The objective of the International EMF Project is to determine if the biological effects reported from exposure to RF fields at low levels have any adverse health consequences. If such consequences were found, this may result in a reevaluation of the limits of human exposure.

Exposure to RF fields may cause **heating** in body tissues. Heating is the primary interaction of RF fields at high frequencies, above about 10 MHz.

A scientific review by WHO, held under the International EMF Project (Munich, November, 1996), concluded that, **from the current scientific literature, there is no convincing evidence that exposure to RF shortens the life span of humans, induces or promotes cancer**.

However, the same review also stressed that **further studies are needed to draw a more complete picture of health risks, especially about possible cancer risk from exposure to low-levels of RF exposure**.

For further information, please contact the Office of Press and Public Relations, WHO, Geneva. Telephone (41 22) 791 2599. Fax (41 22) 791 4858. Email: info@who.int

All WHO Press Releases, Fact Sheets and Features, as well as specific information on this subject can be obtained on Internet on the WHO home page <http://www.who.int>

© WHO/OMS, 1998 | Concept

ELECTROMAGNETIC FIELDS AND PUBLIC HEALTH

PUBLIC PERCEPTION OF EMF RISKS

Technological progress in the broadest sense of the word has always been associated with various hazards and risks, both perceived and real. The industrial, commercial and household application of electromagnetic fields (EMF) is no exception.

Throughout the world, the general public is concerned that exposure to EMF from such sources as high voltage power lines, radars, mobile telephones and their base stations could lead to adverse health consequences, especially in children. As a result, the construction of new power lines and mobile telephone networks has met with considerable opposition in some countries.

In response to these public concerns shared by many governments, the World Health Organization (WHO) has established the International EMF Project to evaluate the biological effects and assess possible health risks from EMF exposure. Over 40 countries and 6 international organizations are currently involved in the Project.

Recent history has shown that lack of knowledge about health consequences of technological advances may not be the sole reason for social opposition to innovations. Disregard for differences in risk perception that are not adequately reflected in communications among scientists, governments, industry and the public, is also to blame. It is for this reason that risk perception and risk communication in relation to EMF are also covered by the International EMF Project.

Health Hazard and Risk: In trying to understand people's perception of risk, it is important to distinguish between a health hazard and a health risk. A *hazard* can be an object or a set of circumstances that can potentially harm a person's health. *Risk* is the likelihood (or probability) that a person will be harmed by a particular hazard.

- Every activity you can think of has an associated risk. Travelling may result in a car accident, or a plane or train crash. Staying at home may not protect you from an earthquake. Living in general is associated with many risks. There is no such thing as a zero risk.
- A car is a potential health hazard. Driving a car is a risk. The higher the speed, the more risky is the driving.
- The same is true for EMF-emitting sources. Under certain circumstances, EMF can be potentially hazardous, and the risk to a person's health depends on the level of exposure.

Perception of risk: A number of factors influence a person's decision to take a risk or reject it. People usually perceive risks as negligible, acceptable, tolerable, or unacceptable, and compare them with the benefits, which should outweigh the risk by a significant margin. These perceptions can depend on people's age, sex, cultural and educational backgrounds.

- Many young people, for example, find the risk of sky diving as acceptable. Many older people do not since they perceive it as too dangerous and,

therefore, unacceptable.

The nature of the risk can lead to different perceptions. Surveys have found that the following pairs of characteristics of a situation generally affect risk perception. The first member of the pair tends to increase while the second one decreases the magnitude of the perceived risk:

- ***Involuntary vs. voluntary exposure.*** This is an important factor in risk perception, especially for EMF-emitting sources. People who do not use mobile telephones perceive the risk as high from the relatively low radio-frequency (RF) fields emitted from mobile telephone base stations. However, mobile telephone users generally perceive as low the risk from the much more intense RF fields from their voluntarily-chosen handsets.
- ***Lack of personal control vs. feeling of control over a situation.*** If people do not have any say about installation of power lines and mobile telephone base stations, especially near their homes, schools or play areas, they tend to perceive the risk from such EMF facilities as being high.
- ***Familiar vs. unfamiliar.*** Familiarity with the situation, or a feeling of understanding of the technology, helps reduce the level of the perceived risk. The perceived risk increases when the situation or technology, such as the EMF technology, is new, unfamiliar, or hard-to-comprehend. Perception about the level of risk can be significantly increased if there is an incomplete scientific understanding about potential health effects from a particular situation or technology.
- ***Dread vs. not dreaded.*** Some diseases and health conditions, such as cancer, severe and lingering pain and disability, are more feared than others. Thus, even a small possibility of cancer, especially in children, from EMF exposure receives significant public attention.
- ***Unfairness vs. fairness.*** If people are exposed to RF fields from mobile telephone base stations, but do not have a mobile telephone, or if they are exposed to the electric and magnetic fields from a high voltage transmission line that does not provide power to their community, they consider it unfair and are less likely to accept any associated risk.

In the case of people who do not own a mobile telephone, for example, exposure to RF fields from mobile telephone base stations may be perceived as a high risk for the following reasons:

- People are faced with an involuntary exposure to RF fields;
- It is unfair because the installation of these base stations exposes the whole community to RF fields while only the few mobile telephone users benefit;
- There is a lack of control over expansion of such networks into communities;
- Mobile telephone technology is unfamiliar and incomprehensible to most people;
- There is insufficient scientific information to precisely assess health risks; and
- There is a likelihood that this technology could cause a dreaded disease such as cancer.

Communities feel they have a right to know what is proposed and planned with respect to the construction of EMF facilities that might affect their health. They want to have some control and be part of the decision-making process.

Unless an effective system of public information and communications among scientists, governments, the industry and the public is established, new EMF technologies will be mistrusted and feared.

The development of EMF technologies should be matched by appropriate and coordinated research into their potential consequences for health. This is one of the most important objectives of the International EMF Project established by WHO.

For further information, please contact the Office of Press and Public Relations, WHO, Geneva. Telephone (41 22) 791 2599. Fax (41 22) 791 4858. Email: info@who.int

All WHO Press Releases, Fact Sheets and Features, as well as specific information on this subject can be obtained on Internet on the WHO home page <http://www.who.int>

© WHO/OMS, 1998 | Concept

Fact Sheet N201

July 1998

ELECTROMAGNETIC FIELDS AND PUBLIC HEALTH

VIDEO DISPLAY UNITS (VDUs)

Over 30 years have passed since the introduction of mass-produced video display units (VDUs) into the workplace. These machines are also called video display terminals (VDTs) and most commonly take the form of computer screens. The rapid proliferation of computers has led to a large increase in VDU use in both the workplace and at home. It is estimated that by the year 2000, 60% of the North American workforce will be using VDUs and more than 150 million units will be in service worldwide.

What are VDUs?

A VDU is essentially a television-type monitor that displays information received from a computer rather than from a broadcast signal for television. The typical VDU creates images in a large evacuated cathode-ray tube (CRT) by directing a beam of high-energy electrons from the cathode onto a special phosphor-coated, glass screen. This coating emits light when struck by the fast-moving electrons. The electron beam creates the image from computer signals that control coils, at the back of the CRT, that sweep the electrons in the vertical and horizontal directions. These coils are called vertical and horizontal deflection coils. The electronic circuitry used to create the image gives rise to static electric and magnetic fields, as well as low and high frequency electromagnetic fields.

Radiation and Fields

Almost the entire electromagnetic spectrum is included in the electric and magnetic fields and optical radiation produced by VDUs. The optical radiation emitted includes long-wavelength ultraviolet (UV), visible, and infrared (IR) radiation. Visible light forms the image that the VDU is intended to produce. IR appears as heat dissipated by the unit. Very small amounts of UV are emitted from the tube, much less than that coming through the window on a winter's day.

Electric and magnetic fields are emitted in three different frequency ranges. The horizontal deflection coils emit fields operating predominantly in the frequency range 15-35 kHz. Extremely low frequency (ELF) fields at 50 or 60 Hz come from the power supply, transformers and the vertical deflection coils. Finally, weak signals at higher radio frequencies (RF) come from the VDU's interior electronic circuitry and signals received from the computer.

Static electric fields are also present, particularly when there is low humidity, from the build-up of electric charge by electrons striking the front of the screen. In addition, high frequency sound or ultrasound radiation, possibly detected as a high pitch noise, is emitted from various VDU components, mostly by the horizontal deflection circuits.

Very low-energy X-rays are produced inside the CRT, but the glass screen is thick enough to completely absorb them before they escape from the VDU.

Health Concerns

When first introduced into the workplace, VDUs were suggested as the cause of many health complaints, for example, headaches, dizziness, tiredness, cataracts, adverse pregnancy outcomes and skin rashes. Many scientific studies were conducted to determine if electromagnetic fields (EMF) could have any health consequence. WHO and other agencies have reviewed factors, including indoor air quality, job-related stress and ergonomic issues, such as posture and seating while using a VDU. These studies (see below) have suggested that the work environment, and not EMF emissions from VDUs, may be a determining factor of possible health effects associated with VDU use. A brief review of the scientific findings follows:

Adverse Pregnancy outcomes

Suggestions that working with a VDU could affect the outcome of a pregnancy arose in the late 1970s, when several "clusters of adverse pregnancy outcomes" were noticed in Australia, Europe and North America. These clusters were groups of pregnant women who worked with VDUs and who seemed to experience an unusually high occurrence of spontaneous abortion ("miscarriage") or birth of malformed children. This led to many epidemiological and animal studies being conducted in North America and Europe. Taken as a whole, these studies have failed to demonstrate any effect on reproductive processes due to EMF emitted from VDUs. Studies have suggested, however, that if there are effects on reproduction, they may be related to other work factors, such as job stress.

Effects on the eye

Cataracts and other eye diseases were not found to have any link with VDU work. Glare and reflections from VDU screens have been identified as a source of eye strain and headaches in extreme circumstances.

Effects on the Skin

An excess of symptoms such as skin rashes or itching has been studied, particularly in Scandinavian countries. However, they could not link these symptoms to EMF emissions from VDUs. Laboratory tests conducted on people with these symptoms showed their

symptoms were not a result of any EMF exposure.

Other Factors

Researchers have studied various factors related to the indoor work environment. These include indoor air quality, room temperature, eye fatigue caused by improper illumination, and ergonomically improper workstations. Some individuals have experienced headaches or dizziness, and musculo-skeletal discomfort. These are largely preventable if proper work environment and ergonomic measures are introduced for working with VDUs. Such measures include designing equipment, lighting and other aspects of the environment to encourage proper posture and to reduce muscular and eye strain and other stress-producing tensions.

The above conclusions are in agreement with reviews conducted by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), the International Labour Office (ILO) and WHO.

Protective Measures

Fear of adverse health effects from EMF emitted by VDUs has led to a proliferation of products supposedly offering protection from any adverse effects of these fields and radiation. These include special aprons, screen shields or "radiation absorbing" devices for use with VDUs. These items have no protective effect whatsoever on VDU emissions. Even those that do reduce emissions are of no practical value, since the EMF fields and radiation are only a very small fraction of exposure limits permitted in national and international standards. Except for screens that reduce glare (causing eyestrain), protective devices are not recommended by WHO. Use of protective devices to reduce EMF emissions is also not recommended by the ILO.

Where Can I Find More Information?

WHO's International EMF Project has a home page with links to the WHO Fact Sheets on various aspects of EMF exposure and health. The home page also provides further information on the Project, publications and its scientific and public information activities. You can access the WHO EMF home page at: <http://www.who.int/emf/>.

The following references can provide a more in-depth treatment of this subject:

- *Visual Display Terminals and Workers' Health*, WHO Offset Publication No. 99, World Health Organization, Geneva 1987. (Gives particular attention to non-radiation induced disorders such as eyestrain and musculo-skeletal injuries.)
- *Electromagnetic Fields 300 Hz - 300 GHz*, WHO Environmental Health Criteria No. 137, World Health Organization, Geneva 1993. (Comprehensive review of the physics and biological effects of electromagnetic fields emitted by VDUs.)

Visual Display Units: Radiation Protection Guidance, Occupational Safety and Health Series No. 70, International Labour Office, Geneva, 1994. (Succinct, recent overview of the issues.)

- Matthes, R. editor: *Non-Ionizing Radiation: Proceedings of the Third International Non-Ionizing Radiation Workshop*, Baden, Austria, ICNIRP, 1996. (Contains a series of papers on NIR protection, including VDUs.)

For further information, please contact the Office of the Spokesperson, WHO, Geneva. Tel (+41 22) 791 2599, Fax (+41 22) 791 4858. Email: inf@who.int. All WHO Press Releases, Fact Sheets and Features as well as other information on this subject can be obtained on Internet on the WHO home page <http://www.who.int/>

© WHO/OMS, 1998 | Concept

Electromagnetic fields and public health: extremely low frequency (ELF)

Everyone is exposed to a complex mix of electromagnetic fields (EMF) of different frequencies that permeate our environment. Exposures to many EMF frequencies are increasing significantly as technology advances unabated and new applications are found.

While the enormous benefits of using electricity in everyday life and health care are unquestioned, during the past 20 years the general public has become increasingly concerned about potential adverse health effects of exposure to electric and magnetic fields at extremely low frequencies (ELF). Such exposures arise mainly from the transmission and use of electrical energy at the power frequencies of 50/60 Hz.

The World Health Organization (WHO) is addressing the associated health issues through the International Electromagnetic Fields Project. Any health consequence needs to be clearly identified and appropriate mitigation steps taken if deemed necessary. Present research results are often contradictory. This adds to public concern, confusion and lack of confidence that supportable conclusions about safety can be reached.

The purpose of this Fact Sheet is to provide information about ELF field exposure and its possible impacts on health within the community and the workplace. Information comes from a WHO review of this subject and other recent reviews by eminent authorities.

ELF electric and magnetic fields

Electromagnetic fields consist of electric (E) and magnetic (H) waves travelling together, as shown in the diagram below. They travel at the speed of light and are characterised by a frequency and a wavelength. The frequency is simply the number of oscillations in the wave per unit time, measured in units of hertz (1 Hz = 1 cycle per second), and the wavelength is the distance travelled by the wave in one oscillation (or cycle).

ELF fields are defined as those having frequencies up to 300 Hz. At frequencies this low, the wavelengths in air are very long (6000 km at 50 Hz and 5000 km at 60 Hz), and, in practical situations, the electric and magnetic fields act independently of one another and are measured separately.

Electric fields arise from electric charges. They govern the motion of other charges situated in them. Their strength is measured in units of volt per metre, (V/m), or kilovolt per metre (kV/m). When charges accumulate on an object they create a tendency for like or opposite charges to be repelled or attracted, respectively. The strength of that tendency is characterised by the **voltage** and is measured in units of volt, (V). Any device connected to an electrical outlet, even if the device is not switched on, will have an associated electric field that is proportional to the voltage of the source to which it is connected. Electric fields are strongest close the device and diminish with distance. Common materials, such as wood and metal, shield against them.

Magnetic fields arise from the motion of electric charges, i.e. a **current**. They govern the motion of moving charges. Their strength is measured in units of ampere per metre, (A/m) but is usually expressed in terms of the corresponding magnetic induction measured in units of tesla, (T), millitesla (mT) or microtesla (μ T). In some countries another unit called the gauss, (G), is commonly used for measuring magnetic induction (10,000 G = 1 T, 1 G = 100 μ T, 1 mT = 10 G, 1 μ T = 10 mG). Any device connected to an electrical outlet, when the device is switched on and a current is flowing, will have an associated magnetic field that is proportional to the current drawn from the source to which it is connected. Magnetic fields are strongest close to the device and diminish with distance. They are not shielded by most common materials, and pass easily through them.

Sources

Naturally occurring 50/60 Hz electric and magnetic field levels are extremely low; of the order of 0.0001 V/m, and 0.00001 μ T respectively. Human exposure to ELF fields is primarily associated with the generation, transmission and use of electrical energy. Sources and typical upper limits of ELF fields found in the community, home and workplace are given below.

Community: Electrical energy from generating stations is distributed to communities via high voltage transmission lines. Transformers are used to lower the voltage for connections to residential distribution lines that deliver the energy to homes. Electric and magnetic fields underneath overhead transmission lines may be as high as 12 kV/m and 30 μ T respectively. Around generating stations and substations, electric fields up to 16 kV/m and magnetic fields up to 270 μ T may be found.

Home: Electric and magnetic fields in homes depend on many factors, including the distance from local power lines, the number and type of electrical appliances in use in the home, and the configuration and position of household electrical wiring. Electric fields around most household appliances and equipment typically do not exceed 500 V/m and magnetic fields typically do not exceed 150 μ T. In both cases, field levels may be substantially greater at small distances but they do decrease rapidly with distance.

Workplace: Electric and magnetic fields exist around electrical equipment and wiring throughout industry. Workers who maintain transmission and distribution lines may be exposed to very large electric and magnetic fields. Within generating stations and substations electric fields in excess of 25 kV/m and magnetic fields in excess of 2 mT may be found. Welders can be subjected to magnetic field exposures as high as 130 mT. Near induction furnaces and industrial electrolytic cells magnetic fields can be as high as 50 mT. Office workers are exposed to very much smaller fields when using equipment such as photocopying machines and video display terminals.

Health effects

The only practical way that ELF fields interact with living tissues is by inducing electric fields and currents in them. However, the magnitude of these induced currents from exposure to ELF fields at levels normally found in our environment, is less than the currents occurring naturally in the body.

Electric Field Studies: Available evidence suggests that, apart from stimulation arising from electric charge induced on the surface of the body, the effects of exposures of up to 20 kV/m are few and innocuous. Electric fields have not been shown to have any effect on reproduction or development in animals at strengths over 100 kV/m.

Magnetic Field Studies: There is little confirmed experimental evidence that ELF magnetic fields can affect human physiology and behaviour at field strengths found in the home or environment. Exposure of volunteers for several hours to ELF fields up to 5 mT had little effect on a number of clinical and physiological tests, including blood changes, ECG, heart rate, blood pressure, and body temperature.

Melatonin: Some investigators have reported that ELF field exposure may suppress secretion of melatonin, a hormone connected with our day-night rhythms. It has been suggested that melatonin might be protective against breast cancer so that such suppression might contribute to an increased incidence of breast cancer already initiated by other agents. While there is some evidence for melatonin effects in laboratory animals, volunteer studies have not confirmed such changes in humans.

Cancer: There is no convincing evidence that exposure to ELF fields causes direct damage to biological molecules, including DNA. It is thus unlikely that they could initiate the process of carcinogenesis. However, studies are still underway to determine if ELF exposure can influence cancer promotion or co-promotion. Recent animal studies have not found evidence that ELF field exposure affects cancer incidence.

Epidemiological Studies: In 1979 Wertheimer and Leeper reported an association between childhood leukaemia and certain features of the wiring connecting their homes to the electrical distribution lines. Since then, a large number of studies have been conducted to follow up this important result. Analysis of these papers by the US National Academy of Sciences in 1996 suggested that residence near power lines was associated with an elevated risk of childhood leukaemia (relative risk RR=1.5), but not with other cancers. A similar association between cancer and residential exposure of adults was not seen from these studies.

Many studies published during the last decade on occupational exposure to ELF fields have exhibited a number of inconsistencies. They suggest there may be a small elevation in the risk of leukaemia among electrical workers. However, confounding factors, such as possible exposures to chemicals in the work environment, have not been adequately taken into account in many of them. Assessment of ELF field exposure has not correlated well with the cancer risk among exposed subjects. Therefore, a cause-and-effect link between ELF field exposure and cancer has not been confirmed.

NIEHS Panel: The US National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS) has completed its 5-year RAPID

Program. The RAPID Program replicated and extended studies reporting effects with possible health implications, and conducted further studies to determine if indeed there was any health consequence from ELF field exposure. In June 1998, NIEHS convened an international Working Group to review the research results. NIEHS's international panel concluded, using criteria established by the International Agency for Research on Cancer (IARC), that ELF fields should be considered as a "possible human carcinogen".

"Possible human carcinogen" is the weakest of three categories ("possibly carcinogenic to humans", "probably carcinogenic to humans" and "is carcinogenic to humans") used by IARC to classify scientific evidence on potential carcinogens. IARC has two further classifications of scientific evidence: "is not classifiable" and "is probably not carcinogenic to humans", but the NIEHS Working Group considered there was enough evidence to eliminate these categories.

"Possible human carcinogen" is a classification used to denote an agent for which there is limited evidence of carcinogenicity in humans and less than sufficient evidence for carcinogenicity in experimental animals. Thus **the classification is based on the strength of scientific evidence, not on the strength of carcinogenicity or risk of cancer from the agent.** Thus, "possible human carcinogen" means limited credible evidence exists suggesting that exposure to ELF fields may cause cancer. While it cannot be excluded that ELF field exposure causes cancer from available evidence, further focused, high quality research is now needed to resolve this issue.

The decision of the NIEHS Working Group was based mainly on the appearance of consistency in epidemiological studies suggesting residence near power lines resulted in an apparently higher risk of leukaemia in children. Support for this association was found in studies relating childhood leukaemia incidence to proximity to power lines and to magnetic fields measured for 24 hours in homes. Furthermore, the Working Group also found limited evidence for an increased occurrence of chronic lymphocytic leukaemia in the occupational setting.

International EMF Project

WHO's International EMF Project has been established to work towards resolving the health issues raised by EMF exposure. Scientific reviews have been conducted and gaps in knowledge identified. This has resulted in a research agenda for the next few years that will ensure better health risk assessments can be made. A formal task group meeting to assess the results is scheduled by IARC in 2001. WHO will then adopt IARC's conclusions and complete an assessment of non-cancer health risks in 2002.

International Standards

The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) has published guidelines on exposure limits for all EMF. The guidelines provide adequate protection against known health effects and those that can occur when touching charged objects in an external electric field. Limits of EMF exposure recommended in many countries are broadly similar to those of ICNIRP, which is a non-governmental organization (NGO) formally recognised by WHO and a full partner in the International EMF Project. It will reassess its guidelines once the EMF Project has completed new health risk assessments.

Protective Measures

Large conducting objects such as metal fences, barriers or similar metallic structures permanently installed near high voltage electrical transmission lines should be grounded. If such objects are not grounded, the power line can charge them to a sufficiently high voltage that a person who comes into close proximity or contact with the object can receive a startling and uncomfortable shock. A person may also receive such a shock when touching a car or bus parked under or very near high voltage power lines.

General public: Since current scientific information is only weakly suggestive and does not establish that exposure to ELF fields at levels normally encountered in our living environment might cause adverse health effects, there is no need for any specific protective measures for members of the general public. Where there are sources of high ELF field exposure, access by the public will generally be restricted by fences or barriers, so that no additional protective measures will be needed.

Workers: Protection from 50/60 Hz electric field exposure can be relatively easily achieved using shielding materials. This is only necessary for workers in very high field areas. More commonly, where electric fields are very large, access of personnel is restricted. There is no practical, economical way to shield against ELF magnetic fields. Where magnetic fields are very strong the only practical protective method available is to limit of personnel.

EMF Interference

Strong ELF fields cause electromagnetic interference (EMI) in cardiac pacemakers or other implanted electromedical devices. Individuals using these devices should contact their doctor to determine their susceptibility to these effects. WHO urges manufacturers of these devices to make them much less susceptible to EMI.

Office workers may see image movement on the screen of their computer terminal. If ELF magnetic fields around the terminal are greater than about 1 μT (10 mG) this can cause interference with the electrons producing the image on the screen. A simple solution to this problem is to relocate the computer to another part of the room where the magnetic fields are below 1 μT . These magnetic fields are found near cables that provide electric power to office or apartment buildings, or around transformers associated with power supplies to buildings. The fields from these sources are generally well below the levels that cause any health concern.

Noise, Ozone and Corona

Noise in the form of a buzzing or humming sound may be heard around electrical transformers or high voltage power lines producing corona (see below). While the noise may be annoying, there are no EMF health consequences associated with these sounds.

Electrical devices such as photocopiers or any device using a high voltage to function may produce ozone, a colourless gas having a pungent smell. Electrical discharges in the air convert oxygen molecules into ozone. While people may easily smell the ozone, the concentrations produced around photocopiers and similar devices are well below health standards.

Corona or electrical discharges into the air are produced around high voltage power lines. It is sometimes visible on a humid night or during rainfall and can produce noise and ozone. Both the noise levels and ozone concentrations around power lines have no health consequence.

What should be done while research continues?

One of the objectives of the International EMF Project is to help national authorities weigh the benefits of using EMF technology against the detriment should any adverse health effects be demonstrated, and decide what protective measures, if any, may be needed. It will take some years for the required research to be completed, evaluated and published by WHO. In the meantime, WHO recommends:

- Strict adherence to existing national or international safety standards: Such standards, based on current knowledge, are developed to protect everyone in the population.
- Simple protective measures: Fences or barriers around strong ELF sources help preclude unauthorised access to areas where national or international exposure limits may be exceeded.
- Consultation with local authorities and the public in siting new power lines: Obviously power lines must be sited to provide power to consumers. Despite the fact that ELF field levels around transmission and distribution lines are not considered a health risk, siting decisions are often required to take into account aesthetics and public sensibilities. Open communication and discussion between the electric power utility and the public during the planning stages can help create public understanding and greater acceptance of a new facility.
- An effective system of health information and communication among scientists, governments, industry and the public can help raise general awareness of programmes to deal with exposure to ELF fields and reduce any mistrust and fears.

References for further reading

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.

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. Available from [NIEHS](#)

Repacholi M and Greenebaum B (1998) Interaction of static and extremely low frequency electric and magnetic fields with living systems: health effects and research needs. *Bioelectromagnetics* (In press). (Summary report of WHO scientific review meeting on static and ELF held in Bologna, 1997).

WHO (1997) WHO's Agenda for EMF Research. World Health Organization publication WHO/EHG/98.13, WHO Geneva. Also available on [EMF web site](#)

For more information contact:

Michael Repacholi
Telephone: (+41 22) 791 3427
Email: repacholim@who.int

[Contacts](#) | [E-mail scams](#) | [Employment](#) | [FAQs](#) | [Feedback](#) | [Privacy](#) | [RSS feeds](#)
[© WHO 2010](#)

Fact Sheet N°226
June 1999

ELECTROMAGNETIC FIELDS AND PUBLIC HEALTH RADARS AND HUMAN HEALTH

Radar systems detect the presence, direction or range of aircraft, ships or other, usually moving objects. This is achieved by sending pulses of high frequency electromagnetic fields (EMF). Invented some 60 years ago, radar systems have been widely used for navigation, aviation, national defence and weather forecasting. Their primary objective is individual and collective safety and protection.

People who live or routinely work around radars have expressed concerns about long-term adverse effects of these systems on health, including cancer, reproductive malfunction, cataracts and changes in behaviour or development of children. A recent example has been the alleged increase in testicular cancer in police using speed control hand-held radar "guns".

It is important to distinguish between perceived and real dangers that radars pose, as well as to understand the rationale behind existing international standards and protective measures used today.

EMF Emissions: Radars usually operate at radio frequencies (RF) between 300 MHz and 15 GHz. They generate EMFs that are called RF fields. RF fields within this part of the electromagnetic spectrum are known to interact differently with human body.

RF fields **below 10 GHz** (to 1 MHz) penetrate exposed tissues and produce **heating** due to **energy absorption**. The depth of penetration depends on the frequency of the field and is greater for lower frequencies. **Absorption** of RF fields in tissues is measured as a **specific absorption rate (SAR)** within a given tissue mass. The unit of SAR is **watts per kilogram (W/kg)**. **SAR** is the quantity used to measure the "dose" of RF fields **between about 1 MHz and 10 GHz**.

- An **SAR** of at least **4 W/kg** is needed to produce known adverse health effects in people exposed to RF fields in this frequency range.

RF fields **above 10 GHz** are absorbed at the skin surface, with very little of the energy penetrating into the underlying tissues. The basic dosimetric quantity for RF fields **above 10 GHz** is *the intensity of the field* measured as **power density** in watts per square metre (**W/m²**) or for weak fields in milliwatts per square metre (**mW/m²**) or microwatts per square metre (**μW/m²**).

- Exposure to RF fields above 10 GHz at power densities **over 1000 W/m²** are known to produce adverse health effects, such as eye cataracts and skin burns.

Human Exposure: The power that radar systems emit varies from a few milliwatts (police traffic control radar) to many kilowatts (large space tracking radars). However, a number of factors significantly reduce human exposure to RF generated by radar systems, often by a factor of at least 100:

- Radar systems send electromagnetic waves in pulses and not continuously. This makes the average power emitted much lower than the peak pulse power.
- Radars are directional and the RF energy they generate is contained in beams that are very narrow and resemble the beam of a spotlight. RF levels away from the main beam fall off rapidly. In most cases, these levels are *thousands of times lower* than in the main beam.
- Many radars have antennas which are continuously rotating or varying their elevation by a nodding motion, thus constantly changing the direction of the beam.
- Areas, where dangerous human exposure may occur are normally inaccessible to unauthorized personnel.

Radar Sources: Some of the common types of radars encountered in daily life include:

Air traffic control radars are used to track the location of aircraft and to control their landing at airports. They are generally located at elevated positions where the beam is inaccessible to persons on the ground. Typical air traffic control radars can have peak powers of 100 kW or more, but average powers of a few hundred watts. Under normal operating conditions, these systems pose no hazard to the

general public.

Weather radars are often co-located with air traffic control radars in remote areas at airports. They operate at higher frequencies but generally have lower average and peak powers. As with air traffic control radars, under normal conditions, they pose no hazards to the general public.

Military radars are numerous and vary from very large installations, which have large peak (1 MW or greater) and average powers (kW), to small military fire control radars, typically found on aircraft. Large size radars often evoke concern in communities living around them. However, because its power is radiated over a large surface area, the power densities associated with these systems vary between 10 and 100 W/m² within the site boundary. Outside the site boundary RF field levels are usually unmeasurable without using sophisticated equipment. However, small military fire control radars on aircraft can be hazardous to ground personnel. These units have relatively high average powers (kW) and small area antennas, making it possible to have power densities up to 10 kW/m². Members of the general public would not be exposed to these emissions because during ground testing of radars access to these areas by all personnel is prohibited. The military also use most other types of radars described below.

Marine radars can be found on small pleasure boats to large ocean going vessels. Peak powers of these systems can reach up to 30 kW, with average powers ranging from 1 to 25 W. Under normal operating conditions, with the antenna rotating, the average power density of the higher power systems within a metre of the antenna is usually less than 10 W/m². In accessible areas on most watercraft, these levels would fall to a few percent of present public RF exposure standards.

Speed Control Radars are hand-held by police in many countries. The average output power is very low, a few milliwatts, and so the units are not considered hazardous to health, even when used in very close proximity to the body.

Possible Health Effects: Most studies conducted to date examined health effects other than cancer. They probed into physiological and thermoregulatory responses, behavioural changes and effects such as the induction of lens opacities (cataracts) and adverse reproductive outcome following acute exposure to relatively high levels of RF

fields. There are also a number of studies that report non-thermal effects, where no appreciable rise in temperature can be measured.

Cancer-related studies: Many epidemiological studies have addressed possible links between exposure to RF and excess risk of cancer. However, because of differences in the design and execution of these studies, their results are difficult to interpret. A number of national and international peer review groups have concluded that there is no clear evidence of links between RF exposure and excess risk of cancer. WHO has also concluded that there is no convincing scientific evidence that exposure to RF shortens the life span of humans, or that RF is an inducer or promoter of cancer. However, further studies are necessary.

Thermal effects: RF fields have been studied in animals, including primates. The earliest signs of an adverse health consequence, found in animals as the level of RF fields increased, include reduced endurance, aversion of the field and decreased ability to perform mental tasks. These studies also suggest adverse effects may occur in humans subjected to whole body or localized exposure to RF fields sufficient to increase tissue temperatures by greater than 1° C. Possible effects include the induction of eye cataracts, and various physiological and thermoregulatory responses as body temperature increases. These effects are well established and form the scientific basis for restricting occupational and public exposure to RF fields.

Non-thermal effects: Exposure to RF levels too low to involve heating, (i.e., very low SARs), has been reported by several groups to alter calcium ion mobility, which is responsible for transmitting information in tissue cells. However, these effects are not sufficiently established to provide a basis for restricting human exposure.

Pulsed RF fields: Exposure to very intense pulsed RF fields, similar to those used by radar systems, has been reported to suppress the startle response and evoke body movements in conscious mice. In addition, people with normal hearing have perceived pulse RF fields with frequencies between about 200 MHz and 6.5 GHz. This is called the *microwave hearing effect*. The sound has been variously described as a buzzing, clicking, hissing or popping sound, depending on the RF pulsing characteristics. Prolonged or repeated exposure may be stressful and should be avoided where possible.

RF shocks and burns: At frequencies less than 100 MHz, RF burns or shock may result from charges induced on metallic objects situated near radars. Persons standing in RF fields can also have high local absorption of the fields in areas of their bodies with small cross sectional areas, such as the ankles. In general, because of the higher frequencies that most modern radar systems operate, combined with their small beam widths, the potential for such effects is very small.

Electromagnetic interference: Radars can cause electromagnetic interference in other electronic equipment. The threshold for these effects are often well below guidance levels for human exposure to RF fields. Additionally, radars can also cause interference in certain medical devices, such as cardiac pacemakers and hearing aids. If individuals using such devices work in ***close proximity*** to radar systems they should contact manufacturers to determine the susceptibility of their products to RF interference.

Ignition of flammable liquids and explosives: RF fields can ignite flammable liquids and explosives through the induction of currents. This is a rare occurrence, and normally of most concern where there is a large concentration of radars, such as on board a naval ship where measures are taken to prevent such effects.

International Standards: Exposure limits for RF fields are developed by international bodies such as the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). ICNIRP is a non-governmental organization formally recognised by WHO. The Commission uses health risk assessments developed in conjunction with WHO to draft their guidelines on exposure limits. The ICNIRP guidelines protect against all *established* RF health effects and are developed following reviews of all the peer-reviewed scientific literature, including reports on cancer and non-thermal effects. Environmental RF levels from radars, in areas normally accessible to the general public, are at least 1,000 times below the limits for continuous public exposure allowed by the ICNIRP guidelines, and 25,000 times below the level at which RF exposure has been established to cause the earliest known health effects.

Protective Measures: The aim of protective measures is

to eliminate or reduce human exposure to RF fields below acceptable limits. An extensive program of measurement surveys, hazard communication, coupled with effective protective measures, is required around all radar installations. In most countries, comprehensive documentation is prepared, including an environmental impact statement, before a radar system can be constructed.

Following construction of the radar facility, site surveys should be performed to quantify RF field levels in the area. While extremely high RF field levels can be measured directly in front of a radar, in most cases levels in public areas are not easily measurable. In order to prevent both workers and the general public from entering areas where the RF levels are above the limits, both engineering and administrative controls are used.

- Engineering controls include interlocks, electronic means to exclude the radar pointing in certain areas, and shielding.
- Administrative controls include audible and visible alarms, warning signs, and restriction of access through barriers, locked doors, or limiting access time to radar.

When engineering and administrative controls do not suffice, workers should use personal protective equipment to ensure compliance with exposure standards. Conductive suits, gloves, safety shoes and other types of personal protective equipment for RF fields are now commercially available.

- They should be used with great care, since the attenuation properties of the material used to make this protective equipment can vary dramatically with frequency. Only when the attenuation properties of the equipment is known at the frequency in question can they be used reliably.
- Special care should be exercised with RF safety glasses since any metal may enhance local fields by acting as a receiving antenna.
- There are no exposure situations where members of the general public need to use protective equipment for RF fields from radars.
- In recent years, clothing and other materials have appeared on the consumer market claiming to have RF shielding properties, and directing their claims to

"sensitive" members of the general population, such as pregnant women. The use of these types of products is unnecessary and should be discouraged. They offer no effective RF shielding, and there is no need for these devices.

Human exposure to EMF emitted by radar systems is limited by international standards and protective measures, which were adopted on the basis the currently available scientific evidence. In summary:

- *RF fields cause molecules in tissue to vibrate and generate heat. Heating effects could be expected if time is spent directly in front of some radar antennas, but are not possible at the environmental levels of RF fields emanating from radar systems.*
- *To produce any adverse health effect, RF exposure above a threshold level must occur. The known threshold level is the exposure needed to increase tissue temperature by at least 1°C. The very low RF environmental field levels from radar systems cannot cause any significant temperature rise.*
- *To date, researchers have not found evidence that multiple exposures to RF fields below threshold levels cause any adverse health effects. No accumulation of damage occurs to tissues from repeated low level RF exposure.*
- *At present, there is no substantive evidence that adverse health effects, including cancer, can occur in people exposed to RF levels at or below the limits set by international standards. However, more research is needed to fill certain gaps in knowledge*

For more information, see <http://www.who.int/emf/>

For further information, journalists can contact :
WHO Press Spokesperson and Coordinator, Spokesperson's Office,

WHO HQ, Geneva, Switzerland / Tel +41 22 791 4458/2599 / Fax +41 22 791 4858 / e-Mail: inf@who.int

Electromagnetic fields and public health: extremely low frequency fields and cancer

In 1996, the World Health Organization (WHO) established the International Electromagnetic Fields (EMF) Project to address the health issues associated with exposure to EMF. The EMF Project is currently reviewing research results and conducting risk assessments of exposure to static and extremely low frequency (ELF) electric and magnetic fields. WHO plans to conduct an evaluation of all health effects from ELF field exposure in 2002-3.

Whenever electricity is conducted through transmission lines, distribution lines or is used in appliances, both electric and magnetic fields exist close to the lines or appliances. The power frequency used is 50 or 60 Hz. Use of electric power has become part of everyday life. However, questions have been raised as to whether these and other ELF fields are carcinogenic.

The International Agency for Research on Cancer (IARC) -- a specialized cancer research agency of WHO -- has recently concluded the first step in WHO's health risk assessment process by classifying ELF fields with respect to the strength-of-the-evidence that they could cause cancer in humans.

This Fact Sheet updates findings of recent reviews on the health effects of static and ELF electric and magnetic fields conducted by IARC (June 2001), by the Health Council of the Netherlands (May 2001), and by an expert Advisory Group of the National Radiological Protection Board in the United Kingdom (AGNIR) (March 2001).

IARC evaluation

In June 2001, an expert scientific working group of IARC reviewed studies related to the carcinogenicity of static and ELF electric and magnetic fields. Using the standard IARC classification that weighs human, animal and laboratory evidence, ELF magnetic fields were classified as **possibly carcinogenic to humans** based on epidemiological studies of childhood leukaemia. Evidence for all other cancers in children and adults, as well as other types of exposures (i.e. static fields and ELF electric fields) was considered not classifiable either due to insufficient or inconsistent scientific information.

"Possibly carcinogenic to humans" is a classification used to denote an agent for which there is limited evidence of carcinogenicity in humans and less than sufficient evidence for carcinogenicity in experimental animals.

This classification is the weakest of three categories ("is carcinogenic to humans", "probably carcinogenic to humans" and "possibly carcinogenic to humans") used by IARC to classify potential carcinogens based on published scientific evidence. Some examples of well-known agents that have been classified by IARC are listed below:

Classification

Carcinogenic to humans

(usually based on strong evidence of carcinogenicity in humans)

Examples of agents

Asbestos

Mustard gas

Tobacco (smoked and smokeless)

Gamma radiation

Probably carcinogenic to humans

(usually based on strong evidence of carcinogenicity in animals)

Diesel engine exhaust

Sun lamps

UV radiation

Formaldehyde

Possibly carcinogenic to humans

(usually based on evidence in humans which is considered credible, but for which other explanations could not be ruled out)

Coffee

Styrene

Gasoline engine exhaust

Welding fumes

ELF magnetic fields

Do ELF fields cause cancer?

ELF fields are known to interact with tissues by inducing electric fields and currents in them. This is the only established mechanism of action of these fields. However, the electric currents induced by ELF fields commonly found in our environment are normally much lower than the strongest electric currents naturally occurring in the body such as those that control the beating of the heart.

Since 1979 when epidemiological studies first raised a concern about exposures to power line frequency magnetic fields and childhood cancer, a large number of studies have been conducted to determine if measured ELF exposure can influence cancer development, especially leukaemia in children.

There is no consistent evidence that exposure to ELF fields experienced in our living environment causes direct damage to biological molecules, including DNA. Since it seems unlikely that ELF fields could **initiate** cancer, a large number of investigations have been conducted to determine if ELF exposure can **influence** cancer promotion or co-promotion. Results from animal studies conducted so far suggest that ELF fields do not initiate or promote cancer.

However, two recent pooled analyses of epidemiological studies provide insight into the epidemiological evidence that played a pivotal role in the IARC evaluation. These studies suggest that, in a population exposed to **average** magnetic fields in excess of 0.3 to 0.4 μT , twice as many children might develop leukaemia compared to a population with lower exposures. In spite of the large number data base, some uncertainty remains as to whether magnetic field exposure or some other factor (s) might have accounted for the increased leukaemia incidence.

Childhood leukaemia is a rare disease with 4 out of 100,000 children between the age of 0 to 14 diagnosed every year. Also average magnetic field exposures above 0.3 or 0.4 μT in residences are rare. It can be estimated from the epidemiological study results that less than 1% of populations using 240 volt power supplies are exposed to these levels, although this may be higher in countries using 120 volt supplies.

The IARC review addresses the issue of whether it is feasible that ELF-EMF pose a cancer risk. The next step in the process is to estimate the likelihood of cancers in the general population from the usual exposures and to evaluate evidence for other (non-cancer) diseases. This part of the risk assessment should be finished by WHO in the next 18 months.

International guidelines

International guidelines on exposure limits for all EMF have been developed by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) - a non-governmental organization (NGO) in official relations with WHO and a partner in WHO's International EMF Project. While the ICNIRP guidelines for EMF exposure are based on comprehensive reviews of all the science, the limits are intended to prevent health effects related to short-term acute exposure. This is because ICNIRP considers the scientific information on potential carcinogenicity of ELF fields insufficient for establishing quantitative limits on exposure.

Some national responses

Regulatory policies for agents classified as possible carcinogens vary by country and by particular agent. The carcinogenic evaluation and classification of an agent by IARC does not automatically trigger a national regulatory response. While gasoline exhaust and coffee have been classified as possible human carcinogens, there has been a significant response by government to reduce gasoline engine exhausts, but there has not been any effort to limit intake of coffee.

In response to increasing public concern over health effects from EMF exposure, several countries have established their own scientific reviews prior to the IARC evaluation. Already in 1998, a working group examining the issue for the US National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS) classified ELF magnetic fields as possibly carcinogenic to humans. The US government agency has since recommended "passive regulatory action", described as continued information and education of the public and encouraging power utilities to voluntarily reduce exposure to people where possible.

In the United Kingdom, an Advisory Group on Non-Ionising Radiation recently reported to the National Radiological Protection Board (NRPB) on the topic of power frequency EMF and the risk of cancer (AGNIR, 2001). It concluded that while the evidence is currently not strong enough to justify a firm conclusion that EMF fields cause leukaemia in children, the possibility remains that intense and prolonged exposures to magnetic fields can increase the risk of leukaemia in children. Further, they provided research recommendations. The Health Council of the Netherlands, a major scientific advisory body of the Netherlands government, reached similar conclusions.

WHO's response

While the classification of ELF magnetic fields as possibly carcinogenic to humans has been made, it remains possible that there are other explanations for the observed association between exposure to ELF magnetic fields and childhood leukaemia. In particular, issues of selection bias in the epidemiological studies and exposure to other field types deserve to be rigorously examined and will likely require new studies. WHO therefore recommends a follow-up, focused research programme to provide more definitive information. Some of these studies are currently being undertaken and results are expected over the next 2-3 years.

WHO's EMF Project aims to help national authorities balance the benefits of electrical technology against possible health risks, and to help them decide what protective measures may be needed. It is especially difficult to suggest protective measures for ELF fields because we do not know what field characteristic might be involved in the development of childhood leukaemia and therefore need to be reduced, or even if it is the ELF magnetic fields that are responsible for this effect. One approach is to have voluntary policies that aim to cost-effectively reduce exposure to ELF fields. This has been discussed in the WHO Backgrounder issued March 2000.

Some precautionary measures are outlined below:

- **Government and industry:** These entities should be cognisant of the latest scientific developments and should provide the public with balanced, clear and comprehensive information on potential EMF risks, as well as suggestions for safe and low cost ways to reduce exposures. They should also promote research that will lead to better information from which assessments of health risk can be made.
- **Individuals:** Members of the general public might choose to reduce their EMF exposure by minimizing the use of certain electrical appliances or by increasing distance to the sources that can produce relatively high fields.
- **Consultation with local authorities, industry and the public when siting new power lines:** Obviously power lines must be sited to provide power to consumers. Siting decisions are often required to take into account aesthetics and public sensibilities. However, siting decisions should also consider ways to reduce peoples' exposure.
- **An effective system of health information and communication** among scientists, governments, industry and the public is needed to help raise general awareness of programmes to deal with exposure to ELF fields and reduce any mistrust and fears.

Further reading

- AGNIR (2001) Advisory Group on Non-Ionising Radiation, Power Frequency Electromagnetic Fields and the Risk of Cancer. National Radiological Protection Board (UK) 2001.
- Health Council of the Netherlands (2001). Electromagnetic fields: Annual Update 2001.
- 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.
- Portier CJ and Wolfe MS (eds.), National Institute of Environmental Health Sciences of the National Institute of Health. Assessment of health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields. NIEHS Working Group Report, Research Triangle Park, NC, USA, NIH Publication No. 98-3981, 1998.
- Repacholi M and Greenebaum B (eds.), Interaction of static and extremely low frequency electric and magnetic fields with living systems: health effects and research needs. Bioelectromagnetics 1999; 20: 133-160.
- WHO Backgrounder on Cautionary Policies, March 2000

For more information contact:

WHO Media centre
 Telephone: +41 22 791 2222
 Email: mediainquiries@who.int

[Contacts](#) | [E-mail scams](#) | [Employment](#) | [FAQs](#) | [Feedback](#) | [Privacy](#) | [RSS feeds](#)
 © WHO 2010

Electromagnetic fields and public health

Electromagnetic Hypersensitivity

As societies industrialize and the technological revolution continues, there has been an unprecedented increase in the number and diversity of electromagnetic field (EMF) sources. These sources include video display units (VDUs) associated with computers, mobile phones and their base stations. While these devices have made our life richer, safer and easier, they have been accompanied by concerns about possible health risks due to their EMF emissions.

For some time a number of individuals have reported a variety of health problems that they relate to exposure to EMF. While some individuals report mild symptoms and react by avoiding the fields as best they can, others are so severely affected that they cease work and change their entire lifestyle. This reputed sensitivity to EMF has been generally termed “electromagnetic hypersensitivity” or EHS.

This fact sheet describes what is known about the condition and provides information for helping people with such symptoms. Information provided is based on a WHO Workshop on Electrical Hypersensitivity (Prague, Czech Republic, 2004), an international conference on EMF and non-specific health symptoms (COST244bis, 1998), a European Commission report (Bergqvist and Vogel, 1997) and recent reviews of the literature.

What is EHS?

EHS is characterized by a variety of non-specific symptoms, which afflicted individuals attribute to exposure to EMF. The symptoms most commonly experienced include dermatological symptoms (redness, tingling, and burning sensations) as well as neurasthenic and vegetative symptoms (fatigue, tiredness, concentration difficulties, dizziness, nausea, heart palpitation, and digestive disturbances). The collection of symptoms is not part of any recognized syndrome.

EHS resembles multiple chemical sensitivities (MCS), another disorder associated with low-level environmental exposures to chemicals. Both EHS and MCS are characterized by a range of non-specific symptoms that lack apparent toxicological or physiological basis or independent verification. A more general term for sensitivity to environmental factors is Idiopathic Environmental Intolerance (IEI), which originated from a workshop convened by the International Program on Chemical Safety (IPCS) of the WHO in 1996 in Berlin. IEI is a descriptor without any implication of chemical etiology, immunological sensitivity or EMF susceptibility. IEI incorporates a number of disorders sharing similar non-specific medically unexplained symptoms that adversely affect people. However since the term EHS is in common usage it will continue to be used here.

Prevalence

There is a very wide range of estimates of the prevalence of EHS in the general population. A survey of occupational medical centres estimated the prevalence of EHS to be a few individuals per million in the population. However, a survey of self-help groups yielded much higher estimates. Approximately 10% of reported cases of EHS were considered severe.

There is also considerable geographical variability in prevalence of EHS and in the reported symptoms. The reported incidence of EHS has been higher in Sweden, Germany, and Denmark, than in the United Kingdom, Austria, and France. VDU-related symptoms were more prevalent in Scandinavian countries, and they were more commonly related to skin disorders than elsewhere in Europe. Symptoms similar to those reported by EHS individuals are common in the general population.

Studies on EHS individuals

A number of studies have been conducted where EHS individuals were exposed to EMF similar to those that they attributed to the cause of their symptoms. The aim was to elicit symptoms under controlled laboratory conditions.

The majority of studies indicate that EHS individuals cannot detect EMF exposure any more accurately than non-EHS individuals. Well controlled and conducted double-blind studies have shown that symptoms were not correlated with EMF exposure.

It has been suggested that symptoms experienced by some EHS individuals might arise from environmental factors unrelated to EMF. Examples may include “flicker” from fluorescent lights, glare and other visual problems with VDUs, and poor ergonomic design of computer workstations. Other factors that may play a role include poor indoor air quality or stress in the workplace or living environment.

There are also some indications that these symptoms may be due to pre-existing psychiatric conditions as well as stress reactions as a result of worrying about EMF health effects, rather than the EMF exposure itself.

Conclusions

EHS is characterized by a variety of non-specific symptoms that differ from individual to individual. The symptoms are certainly real and can vary widely in their severity. Whatever its cause, EHS can be a disabling problem for the affected individual. EHS has no clear diagnostic criteria and there is no scientific basis to link EHS symptoms to EMF exposure. Further, EHS is not a medical diagnosis, nor is it clear that it represents a single medical problem.

Physicians: Treatment of affected individuals should focus on the health symptoms and the clinical picture, and not on the person's perceived need for reducing or eliminating EMF in the workplace or home. This requires:

- a medical evaluation to identify and treat any specific conditions that may be responsible for the symptoms,
- a psychological evaluation to identify alternative psychiatric/psychological conditions that may be responsible for the symptoms,
- an assessment of the workplace and home for factors that might contribute to the presented symptoms. These could include indoor air pollution, excessive noise, poor lighting (flickering light) or ergonomic factors. A reduction of stress and other improvements in the work situation might be appropriate.

For EHS individuals with long lasting symptoms and severe handicaps, therapy should be directed principally at reducing symptoms and functional handicaps. This should be done in close co-operation with a qualified medical specialist (to address the medical and psychological aspects of the symptoms) and a hygienist (to identify and, if necessary, control factors in the environment that are known to have adverse health effects of relevance to the patient).

Treatment should aim to establish an effective physician-patient relationship, help develop strategies for coping with the situation and encourage patients to return to work and lead a normal social life.

EHS individuals: Apart from treatment by professionals, self help groups can be a valuable resource for the EHS individual.

Governments: Governments should provide appropriately targeted and balanced information about potential health hazards of EMF to EHS individuals, health-care professionals and employers. The information should include a clear statement that no scientific basis currently exists for a connection between EHS and exposure to EMF.

Researchers: Some studies suggest that certain physiological responses of EHS individuals tend to be outside the normal range. In particular, hyper reactivity in the central nervous system and imbalance in the autonomic nervous system need to be followed up in clinical investigations and the results for the individuals taken as input for possible treatment.

What WHO is doing

WHO, through its International EMF Project, is identifying research needs and co-ordinating a world-wide program of EMF studies to allow a better understanding of any health risk associated with EMF exposure. Particular emphasis is placed on possible health consequences of low-level EMF. Information about the EMF Project and EMF effects is provided in a series of fact sheets in several languages www.who.int/emf/.

FURTHER READING

WHO workshop on electromagnetic hypersensitivity (2004), October 25 -27, Prague, Czech Republic, www.who.int/peh-emf/meetings/hypersensitivity_prague2004/en/index.html

COST244bis (1998) Proceedings from Cost 244bis International Workshop on Electromagnetic Fields and Non-Specific Health Symptoms. Sept 19-20, 1998, Graz, Austria

Bergqvist U and Vogel E (1997) Possible health implications of subjective symptoms and electromagnetic field. A report prepared by a European group of experts for the European Commission, DGV. Arbete och Hälsa, 1997:19. Swedish National Institute for Working Life, Stockholm, Sweden. ISBN 91-7045-438-8.

Rubin GJ, Das Munshi J, Wessely S. (2005) Electromagnetic hypersensitivity: a systematic review of provocation studies. Psychosom Med. 2005 Mar-Apr;67(2):224-32

Seitz H, Stinner D, Eikmann Th, Herr C, Roosli M. (2005) Electromagnetic hypersensitivity (EHS) and subjective health complaints associated with electromagnetic fields of mobile phone communication---a literature review published between 2000 and 2004. Science of the Total Environment, June 20 (Epub ahead of print).

Staudenmayer H. (1999) Environmental Illness, Lewis Publishers, Washington D.C. 1999, ISBN 1-56670-305-0.

For more information contact:

WHO Media centre
Telephone: +41 22 791 2222
Email: mediainquiries@who.int

[Contacts](#) | [E-mail scams](#) | [Employment](#) | [FAQs](#) | [Feedback](#) | [Privacy](#) | [RSS feeds](#)
[© WHO 2010](#)

Electromagnetic fields and public health

Static electric and magnetic fields

Technologies using static fields are increasingly being exploited in selected industries, such as medicine with magnetic resonance imaging (MRI), transportation systems that use direct current (DC) or static magnetic fields and high-energy physics research facilities. As the field strength of the static field increases, so does the potential for a variety of interactions with the body.

The International EMF Project of the World Health Organization (WHO) has recently reviewed the health implications of high static field exposure and highlighted the importance of public health protection for medical staff and patients (particularly children and pregnant women) and workers in industries producing high field magnets (Environmental Health Criteria, 2006).

SOURCES

Electric and magnetic fields are generated by phenomena such as the Earth's magnetic field, thunderstorms, and the use of electricity. When such fields do not vary with time they are referred to as static and have a frequency of 0 Hz.

In the atmosphere, static electric fields (also referred to as electrostatic fields) occur naturally, in fair weather, and especially under thunderclouds. Friction can also separate positive and negative charges and generate strong static electric fields. Their strength is measured in units of volt per metre, (V/m), or kilovolt per metre (kV/m). In daily life we may experience spark discharges with grounded objects or hair rising as a result of friction, for example from walking on a carpet. The use of DC electricity is another source of static electric fields, e.g. rail systems using DC, and televisions and computer screens with cathode ray tubes.

A static magnetic field is measured in units of ampere per metre, (A/m) but is usually expressed in terms of the corresponding magnetic induction measured in units of tesla, (T) or millitesla (mT). The natural geomagnetic field varies over the Earth's surface between about 0.035 - 0.07 mT and is perceived by certain animals that use it for orientation. Man-made static magnetic fields are generated wherever DC currents are used, such as in electric trains or industrial processes such as aluminium production and in gas welding. These can be more than 1000 times stronger than the Earth's natural magnetic field.

Recent technological innovations have led to the use of magnetic fields up to 100 000 times stronger than the Earth's magnetic field. They are used in research and in medical applications such as MRI that provides three-dimensional images of the brain and other soft tissues. In routine clinical systems, scanned patients and machine operators can be exposed to strong magnetic fields in the range of 0.2 - 3 T. In medical research applications, higher magnetic fields, up to about 10 T, are used for whole body patient scanning.

For static electric fields, few studies have been carried out. The results to date suggest that the only acute effects are associated with body hair movement and discomfort from spark discharges. Chronic or delayed effects of static electric fields have not been properly investigated.

HEALTH EFFECTS

For static magnetic fields, acute effects are only likely to occur when there is movement in the field, such as motion of a person or internal body movement, such as blood flow or heart beat. A person moving within a field above 2 T can experience sensations of vertigo and nausea, and sometimes a metallic taste in the mouth and perceptions of light flashes. Although only temporary, such effects may have a safety impact for workers executing delicate procedures (such as surgeons performing operations within MRI units).

Static magnetic fields exert forces on moving charges in the blood, such as ions, generating electrical fields and currents around the heart and major blood vessels that can slightly impede the flow of blood. Possible effects range from minor changes in heartbeat to an increase in the risk of abnormal heart rhythms (arrhythmia) that might be life-threatening (such as ventricular fibrillation). However, these types of acute effects are only likely within fields in excess of 8 T.

It is not possible to determine whether there are any long-term health consequences even from exposure in the millitesla range because, to date, there are no well-conducted epidemiological or long-term animal studies. Thus the carcinogenicity of static magnetic fields to humans is not at present classifiable (IARC, 2002).

INTERNATIONAL STANDARDS

Exposure to static magnetic fields has been addressed by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (see: www.icnirp.org). For occupational exposure, present limits are based on avoiding the sensations of vertigo and nausea induced by movement in a static magnetic field. The recommended limits are time-weighted average of 200 mT during the working day for occupational exposure, with a ceiling value of 2 T. A continuous exposure limit of 40 mT is given for the general public.

Static magnetic fields affect implanted metallic devices such as pacemakers present inside the body, and this could have direct adverse health consequences. It is suggested that wearers of cardiac pacemakers, ferromagnetic implants and implanted electronic devices should avoid locations where the field exceeds 0.5 mT. Also, care should be taken to prevent hazards from metal objects being suddenly attracted to magnets in field exceeds 3 mT.

WHO'S RESPONSE

WHO has been active in the evaluation of health issues raised by exposure to electromagnetic fields (EMF) in the frequency range from 0 to 300 GHz. The International Agency for Research on Cancer (IARC) evaluated the carcinogenicity of static fields in 2002, and the WHO International EMF Project has recently conducted a thorough health risk assessment of these fields (Environmental Health Criteria, 2006) where gaps in knowledge have been identified. This has resulted in a research agenda for the next few years to inform future health risk assessments (www.who.int/emf). WHO recommends a review of standards when new evidence from the scientific literature becomes available.

WHAT CAN NATIONAL AUTHORITIES DO?

While there are huge benefits to be gained from use of static magnetic fields, particularly in medicine, possible adverse health effects from exposure to them must be properly evaluated so that the true risks and benefits can be assessed. It will take some years for the required research to be completed. In the meantime, WHO recommends that national authorities set up programmes to protect both the public and workers from possible adverse effects of static fields. In the case of static electric fields, since the main effect is discomfort from electric discharges to the body, it is sufficient to provide information on exposure to large electric fields and how to avoid them.

In the case of static magnetic fields, because the level of information on possible long-term or delayed effects of exposure is currently insufficient, cost-effective precautionary measures may be justified to limit the exposure of workers and the public. WHO recommends that authorities take the following measures:

- Adopt international science-based standards to limit human exposure.
- Take protective measures for the industrial and scientific use of magnetic fields by keeping a distance from fields that may pose a significant risk, by enclosing the fields, or by applying administrative controls such as staff education programs.
- Consider licensing magnetic resonance imaging (MRI) units having field strengths exceeding 2 T, in order to ensure that protective measures are implemented.
- Fund research to fill the large gaps in knowledge regarding the safety of people.
- Fund MRI units and databases to collect health information on exposure of workers and patients.

REFERENCES FOR FURTHER READING

Environmental Health Criteria (2006), Static fields, Geneva: World Health Organization, Monograph, vol. 232

Effects of static magnetic fields relevant to human health (2005), Eds. D. Noble, A. McKinlay, M. Repacholi, *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, vol. 87, nos. 2-3, February-April, 171-372

IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans (2002), Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. Lyon: International Agency for Research on Cancer, Monograph, vol. 80

Related links

- [Electromagnetic fields](#)

For more information contact:

WHO Media centre
Telephone: +41 22 791 2222
E-mail: mediainquiries@who.int

[Contacts](#) | [E-mail scams](#) | [Employment](#) | [FAQs](#) | [Feedback](#) | [Privacy](#) | [RSS feeds](#)
[© WHO 2010](#)

Electromagnetic fields and public health

Base stations and wireless technologies

Mobile telephony is now commonplace around the world. This wireless technology relies upon an extensive network of fixed antennas, or base stations, relaying information with radiofrequency (RF) signals. Over 1.4 million base stations exist worldwide and the number is increasing significantly with the introduction of third generation technology.

Other wireless networks that allow high-speed internet access and services, such as wireless local area networks (WLANs), are also increasingly common in homes, offices, and many public areas (airports, schools, residential and urban areas). As the number of base stations and local wireless networks increases, so does the RF exposure of the population. Recent surveys have shown that the RF exposures from base stations range from 0.002% to 2% of the levels of international exposure guidelines, depending on a variety of factors such as the proximity to the antenna and the surrounding environment. This is lower or comparable to RF exposures from radio or television broadcast transmitters.

There has been concern about possible health consequences from exposure to the RF fields produced by wireless technologies. This fact sheet reviews the scientific evidence on the health effects from continuous low-level human exposure to base stations and other local wireless networks.

Health concerns

A common concern about base station and local wireless network antennas relates to the possible long-term health effects that whole-body exposure to the RF signals may have. To date, the only health effect from RF fields identified in scientific reviews has been related to an increase in body temperature ($> 1^{\circ}\text{C}$) from exposure at very high field intensity found only in certain industrial facilities, such as RF heaters. The levels of RF exposure from base stations and wireless networks are so low that the temperature increases are insignificant and do not affect human health.

The strength of RF fields is greatest at its source, and diminishes quickly with distance. Access near base station antennas is restricted where RF signals may exceed international exposure limits. Recent surveys have indicated that RF exposures from base stations and wireless technologies in publicly accessible areas (including schools and hospitals) are normally thousands of times below international standards.

In fact, due to their lower frequency, at similar RF exposure levels, the body absorbs up to five times more of the signal from FM radio and television than from base stations. This is because the frequencies used in FM radio (around 100 MHz) and in TV broadcasting (around 300 to 400 MHz) are lower than those employed in mobile telephony (900 MHz and 1800 MHz) and because a person's height makes the body an efficient receiving antenna. Further, radio and television broadcast stations have been in operation for the past 50 or more years without any adverse health consequence being established.

While most radio technologies have used analog signals, modern wireless telecommunications are using digital transmissions. Detailed reviews conducted so far have not revealed any hazard specific to different RF modulations.

Cancer: Media or anecdotal reports of cancer clusters around mobile phone base stations have heightened public concern. It should be noted that geographically, cancers are unevenly distributed among any population. Given the widespread presence of base stations in the environment, it is expected that possible cancer clusters will occur near base stations merely by chance. Moreover, the reported cancers in these clusters are often a collection of different types of cancer with no common characteristics and hence unlikely to have a common cause.

Scientific evidence on the distribution of cancer in the population can be obtained through carefully planned and executed epidemiological studies. Over the past 15 years, studies examining a potential relationship between RF transmitters and cancer have been published. These studies have not provided evidence that RF exposure from the transmitters increases the risk of cancer. Likewise, long-term animal studies have not established an increased risk of cancer from exposure to RF

fields, even at levels that are much higher than produced by base stations and wireless networks.

Other effects: Few studies have investigated general health effects in individuals exposed to RF fields from base stations. This is because of the difficulty in distinguishing possible health effects from the very low signals emitted by base stations from other higher strength RF signals in the environment. Most studies have focused on the RF exposures of mobile phone users. Human and animal studies examining brain wave patterns, cognition and behaviour after exposure to RF fields, such as those generated by mobile phones, have not identified adverse effects. RF exposures used in these studies were about 1000 times higher than those associated with general public exposure from base stations or wireless networks. No consistent evidence of altered sleep or cardiovascular function has been reported.

Some individuals have reported that they experience non-specific symptoms upon exposure to RF fields emitted from base stations and other EMF devices. As recognized in a recent WHO fact sheet "Electromagnetic Hypersensitivity", EMF has not been shown to cause such symptoms. Nonetheless, it is important to recognize the plight of people suffering from these symptoms.

From all evidence accumulated so far, no adverse short- or long-term health effects have been shown to occur from the RF signals produced by base stations. Since wireless networks produce generally lower RF signals than base stations, no adverse health effects are expected from exposure to them.

Protection standards

International exposure guidelines have been developed to provide protection against established effects from RF fields by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP, 1998) and the Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE, 2005).

National authorities should adopt international standards to protect their citizens against adverse levels of RF fields. They should restrict access to areas where exposure limits may be exceeded.

Public perception of risk

Some people perceive risks from RF exposure as likely and even possibly severe. Several reasons for public fear include media announcements of new and unconfirmed scientific studies, leading to a feeling of uncertainty and a perception that there may be unknown or undiscovered hazards. Other factors are aesthetic concerns and a feeling of a lack of control or input to the process of determining the location of new base stations. Experience shows that education programmes as well as effective communications and involvement of the public and other stakeholders at appropriate stages of the decision process before installing RF sources can enhance public confidence and acceptability.

Conclusions

Considering the very low exposure levels and research results collected to date, there is no convincing scientific evidence that the weak RF signals from base stations and wireless networks cause adverse health effects.

WHO Initiatives

WHO, through the International EMF Project, has established a programme to monitor the EMF scientific literature, to evaluate the health effects from exposure to EMF in the range from 0 to 300 GHz, to provide advice about possible EMF hazards and to identify suitable mitigation measures. Following extensive international reviews, the International EMF Project has promoted research to fill gaps in knowledge. In response national governments and research institutes have funded over \$250 million on EMF research over the past 10 years.

While no health effects are expected from exposure to RF fields from base stations and wireless networks, research is still being promoted by WHO to determine whether there are any health consequences from the higher RF exposures from mobile phones.

The International Agency for Research on Cancer (IARC), a WHO specialized agency, is expected to conduct a review of cancer risk from RF fields in 2006-2007 and the International EMF Project will then undertake an overall health risk assessment for RF fields in 2007-2008.

Further Reading

[ICNIRP \(1998\) www.icnirp.org/documents/emfgdl.pdf](http://www.icnirp.org/documents/emfgdl.pdf)

IEEE (2006) IEEE C95.1-2005 "IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz"

Related links

- [Base stations & wireless networks: Exposures & health consequences](#)
- [Fact sheet: Electromagnetic fields and public health: Electromagnetic Hypersensitivity](#)
- [WHO handbook on "Establishing a Dialogue on Risks from Electromagnetic Fields"](#)
- [2006 WHO Research Agenda for Radio Frequency Fields \[pdf 100kb\]](#)

For more information contact:

WHO Media centre

Telephone: +41 22 791 2222

E-mail: mediainquiries@who.int

[Contacts](#) | [E-mail scams](#) | [Employment](#) | [FAQs](#) | [Feedback](#) | [Privacy](#) | [RSS feeds](#)
[© WHO 2010](#)

Electromagnetic fields and public health

Exposure to extremely low frequency fields

The use of electricity has become an integral part of everyday life. Whenever electricity flows, both electric and magnetic fields exist close to the lines that carry electricity, and close to appliances. Since the late 1970s, questions have been raised whether exposure to these extremely low frequency (ELF) electric and magnetic fields (EMF) produces adverse health consequences. Since then, much research has been done, successfully resolving important issues and narrowing the focus of future research.

In 1996, the World Health Organization (WHO) established the International Electromagnetic Fields Project to investigate potential health risks associated with technologies emitting EMF. A WHO Task Group recently concluded a review of the health implications of ELF fields (WHO, 2007).

This Fact Sheet is based on the findings of that Task Group and updates recent reviews on the health effects of ELF EMF published in 2002 by the International Agency for Research on Cancer (IARC), established under the auspices of WHO, and by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) in 2003.

ELF field sources and residential exposures

Electric and magnetic fields exist wherever electric current flows - in power lines and cables, residential wiring and electrical appliances. **Electric** fields arise from electric charges, are measured in volts per metre (V/m) and are shielded by common materials, such as wood and metal. **Magnetic** fields arise from the motion of electric charges (i.e. a current), are expressed in tesla (T), or more commonly in millitesla (mT) or microtesla (μ T). In some countries another unit called the gauss, (G), is commonly used ($10,000\text{ G} = 1\text{ T}$). These fields are not shielded by most common materials, and pass easily through them. Both types of fields are strongest close to the source and diminish with distance.

Most electric power operates at a frequency of 50 or 60 cycles per second, or hertz (Hz). Close to certain appliances, the magnetic field values can be of the order of a few hundred microtesla. Underneath power lines, magnetic fields can be about $20\text{ }\mu\text{T}$ and electric fields can be several thousand volts per metre. However, average residential power-frequency magnetic fields in homes are much lower - about $0.07\text{ }\mu\text{T}$ in Europe and $0.11\text{ }\mu\text{T}$ in North America. Mean values of the electric field in the home are up to several tens of volts per metre.

Task group evaluation

In October 2005, WHO convened a Task Group of scientific experts to assess any risks to health that might exist from exposure to ELF electric and magnetic fields in the frequency range >0 to $100,000\text{ Hz}$ (100 kHz). While IARC examined the evidence regarding cancer in 2002, this Task Group reviewed evidence for a number of health effects, and updated the evidence regarding cancer. The conclusions and recommendations of the Task Group are presented in a WHO Environmental Health Criteria (EHC) monograph (WHO, 2007).

Following a standard health risk assessment process, the Task Group concluded that there are no substantive health issues related to ELF electric fields at levels generally encountered by members of the public. Thus the remainder of this fact sheet addresses predominantly the effects of exposure to ELF magnetic fields.

Short-term effects

There are established biological effects from acute exposure at high levels (well above $100\text{ }\mu\text{T}$) that are explained by recognized biophysical mechanisms. External ELF magnetic fields induce electric fields and currents in the body which, at very high field strengths, cause nerve and muscle stimulation and changes in nerve cell excitability in the central nervous

system.

Potential long-term effects

Much of the scientific research examining long-term risks from ELF magnetic field exposure has focused on childhood leukaemia. In 2002, IARC published a monograph classifying ELF magnetic fields as "possibly carcinogenic to humans". This classification is used to denote an agent for which there is limited evidence of carcinogenicity in humans and less than sufficient evidence for carcinogenicity in experimental animals (other examples include coffee and welding fumes). This classification was based on pooled analyses of epidemiological studies demonstrating a consistent pattern of a two-fold increase in childhood leukaemia associated with average exposure to residential power-frequency magnetic field above 0.3 to 0.4 μT . The Task Group concluded that additional studies since then do not alter the status of this classification.

However, the epidemiological evidence is weakened by methodological problems, such as potential selection bias. In addition, there are no accepted biophysical mechanisms that would suggest that low-level exposures are involved in cancer development. Thus, if there were any effects from exposures to these low-level fields, it would have to be through a biological mechanism that is as yet unknown. Additionally, animal studies have been largely negative. Thus, on balance, the evidence related to childhood leukaemia is not strong enough to be considered causal.

Childhood leukaemia is a comparatively rare disease with a total annual number of new cases estimated to be 49,000 worldwide in 2000. Average magnetic field exposures above 0.3 μT in homes are rare: it is estimated that only between 1% and 4% of children live in such conditions. If the association between magnetic fields and childhood leukaemia is causal, the number of cases worldwide that might be attributable to magnetic field exposure is estimated to range from 100 to 2400 cases per year, based on values for the year 2000, representing 0.2 to 4.95% of the total incidence for that year. Thus, if ELF magnetic fields actually do increase the risk of the disease, when considered in a global context, the impact on public health of ELF EMF exposure would be limited.

A number of other adverse health effects have been studied for possible association with ELF magnetic field exposure. These include other childhood cancers, cancers in adults, depression, suicide, cardiovascular disorders, reproductive dysfunction, developmental disorders, immunological modifications, neurobehavioural effects and neurodegenerative disease. The WHO Task Group concluded that scientific evidence supporting an association between ELF magnetic field exposure and all of these health effects is much weaker than for childhood leukaemia. In some instances (i.e. for cardiovascular disease or breast cancer) the evidence suggests that these fields do not cause them.

International exposure guidelines

Health effects related to short-term, high-level exposure have been established and form the basis of two international exposure limit guidelines (ICNIRP, 1998; IEEE, 2002). At present, these bodies consider the scientific evidence related to possible health effects from long-term, low-level exposure to ELF fields insufficient to justify lowering these quantitative exposure limits.

WHO's guidance

For high-level short-term exposures to EMF, adverse health effects have been scientifically established (ICNIRP, 2003). International exposure guidelines designed to protect workers and the public from these effects should be adopted by policy makers. EMF protection programs should include exposure measurements from sources where exposures might be expected to exceed limit values.

Regarding long-term effects, given the weakness of the evidence for a link between exposure to ELF magnetic fields and childhood leukaemia, the benefits of exposure reduction on health are unclear. In view of this situation, the following recommendations are given:

- Government and industry should monitor science and promote research programmes to further reduce the uncertainty of the scientific evidence on the health effects of ELF field exposure. Through the ELF risk assessment process, gaps in knowledge have been identified and these form the basis of a new research agenda.
- Member States are encouraged to establish effective and open communication programmes with all stakeholders to enable informed decision-making. These may include improving coordination and consultation among industry, local government, and citizens in the planning process for ELF EMF-emitting facilities.
- When constructing new facilities and designing new equipment, including appliances, low-cost ways of reducing exposures may be explored. Appropriate exposure reduction measures will vary from one country to another. However, policies based on the adoption of arbitrary low exposure limits are not warranted.

Further reading

WHO - World Health Organization. Extremely low frequency fields. Environmental Health Criteria, Vol. 238. Geneva, World Health Organization, 2007.

IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. Lyon, IARC, 2002 (Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 80).

ICNIRP - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Exposure to static and low frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (0-100 kHz). Bernhardt JH et al., eds. Oberschleissheim, International Commission on Non-ionizing Radiation Protection, 2003 (ICNIRP 13/2003).

ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (1998). Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 74(4), 494-522.

IEEE Standards Coordinating Committee 28. IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electromagnetic fields, 0-3 kHz. New York, NY, IEEE - The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2002 (IEEE Std C95.6-2002).

For more information contact:

WHO Media centre
Telephone: +41 22 791 2222
E-mail: mediainquiries@who.int

[Contacts](#) | [E-mail scams](#) | [Employment](#) | [FAQs](#) | [Feedback](#) | [Privacy](#) | [RSS feeds](#)
[© WHO 2010](#)

March 2000

ELECTROMAGNETIC FIELDS AND PUBLIC HEALTH CAUTIONARY POLICIES

Potential health effects of man made electromagnetic fields (EMF) have been a topic of scientific interest since the late 1800s, and have received particular attention in the last 40 years. Common sources of these fields include power lines, household electrical wiring, appliances and motor driven instruments, computer screens, telecommunications and broadcast facilities, mobile telephones and their base stations.

Public exposure to EMF is regulated by a variety of voluntary and legal limits. The most important of these are international guidelines drafted by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) together with various national safety standards. Guidelines are designed to avoid all identified hazards, from short and long term exposure, with a large margin of safety incorporated into the limit values. Actual exposure levels are nearly always far below recommended limits.

Uncertainties about EMF

Assessment of potential health risks of EMF includes numerous uncertainties. In particular, a number of epidemiological studies suggest the existence of weak links between exposure to EMF and human disease. The studies involve a variety of diseases and exposure conditions. However, the largest body of evidence involves a possible increase in risk of leukaemia in children associated with exposure to electric and magnetic fields at power frequencies (50/60 Hz) in the home. Other scientific evidence, including a large number of animal studies, does not support this conclusion, and many of the epidemiology studies themselves suffer from problems including inadequate exposure assessment.

Expert committees that have reviewed this evidence have consistently found it to be too weak to be persuasive. For example, in 1997 the US National Research Council concluded, "the current body of evidence does not show that exposure to [power frequency electric or magnetic fields in the home] presents a human health hazard." Similarly, in its 1998 guidelines for EMF exposure, ICNIRP stated that the "results from the epidemiological research on EMF field exposure and cancer ... are not strong enough to form a scientific basis for setting exposure guidelines." No major committee has concluded that a hazard actually exists from low-level fields. But clearly there is considerable scientific uncertainty as well as a high level of public apprehension about the issue.

Precautionary Policies

Throughout the world there has been a growing movement inside and outside of government to adopt "precautionary approaches" for management of health risks in the face of scientific uncertainty. As an international health agency, WHO does not normally advise national authorities to set policies that go beyond established knowledge. Yet within the declaration signed in London at the 1999 Third Ministerial Conference on Environment and Health, WHO was encouraged to take into account "the need to rigorously apply the Precautionary Principle in assessing risks and to adopt a more preventive, pro-active approach to hazards".

Several different policies promoting caution have been developed to address concerns about public, occupational and environmental health issues in the face of scientific uncertainty. These include:

- Precautionary Principle
- Prudent Avoidance
- ALARA (**A**s **L**ow **A**s **R**easonably **A**chievable)

The Precautionary Principle is a risk management policy applied in circumstances with a high degree of scientific uncertainty, reflecting the need to take action for a potentially serious risk without awaiting the results of scientific research.

For countries of the European Union, the Treaty of Rome states that "Community policy on the environment ... shall be based on the precautionary principle." A recent instance of adoption of the Precautionary Principle is the European Commission's decision to ban beef from the United Kingdom, with a view to limiting the risk of transmission of bovine spongiform encephalopathy (BSE). The European Court of Justice ruled that this decision was justified:

In view of the seriousness of the risk and the urgency of the situation, and having regard to the objective of the decision, the Commission did not act in a manifestly inappropriate manner by adopting the decision, on a temporary basis and pending the production of more detailed scientific information

Where there is uncertainty as to the existence or extent of risks to human health, the Commission may take protective measures without having to wait until the reality or seriousness of those risks becomes apparent.

On 2 February 2000, the European Commission approved an important communication on the Precautionary Principle providing guidelines for the application of the Principle. According to this communication, measures based on the precautionary principle should be

- tailored to the chosen level of protection,
- non-discriminatory in their application, i.e. they should treat comparable situations in a similar way,
- consistent with similar measures already taken, i.e. they should be comparable in scope and nature to measures already taken in equivalent areas in which all scientific data are available,
- based on an examination of the potential benefits and costs of action or lack of action (including, where appropriate and feasible, an economic cost/benefit analysis),
- provisional in nature, i.e. subject to review in the light of new scientific data, and
- capable of assigning responsibility for producing the scientific evidence necessary for a more

comprehensive risk assessment.

In this definition, the Precautionary Principle is "risk-oriented", in that it requires an evaluation of risk research including cost-benefit considerations. It is clearly intended for use in drafting provisional responses to potentially serious health threats, until adequate data are available for more scientifically based responses.

Prudent Avoidance was initially developed as a risk management strategy for power frequency EMF by Drs. Morgan, Florig and Nair at Carnegie Mellon University. In their 1989 report to the US Office of Technology Assessment these authors defined Prudent Avoidance as "taking steps to keep people out of fields by rerouting facilities and redesigning electrical systems and appliances". Prudence was defined as "undertaking those avoidance activities that carry modest costs".

Since 1989 Prudent Avoidance has evolved to mean taking simple, easily achievable, low cost measures to reduce EMF exposure, even in the absence of a demonstrable risk. The terms "simple", "easily achievable", and "low cost", however, lack precise meaning. Generally, government agencies have applied the policy only to new facilities, where minor modifications in design can reduce levels of public exposure. It has not been applied to require modification of existing facilities, which is generally very expensive.

Defined in this way, Prudent Avoidance prescribes taking low-cost measures to reduce exposure, in the absence of any scientifically justifiable expectation that the measures would reduce risk. Such measures are generally framed in terms of voluntary recommendations rather than in terms of fixed limits or rules.

Prudent Avoidance (not necessarily identified as such) has been adopted as policy in parts of the electrical sector in Australia, Sweden and a few US states (California, Colorado, Hawaii, New York, Ohio, Texas, and Wisconsin). In 1997 Australia adopted a policy of Prudent Avoidance with regard to new transmission lines, with measures described by the government as "general guidance" to be implemented "without undue inconvenience." Measures that can be taken at "modest cost" include routing power lines away from schools, and phasing power line conductors to reduce magnetic fields near their rights of way.

In the United States, no national body has explicitly recommended a policy of Prudent Avoidance for powerline fields. However, in its recent recommendations to the US Congress, the National Institute for Environmental Health Sciences (NIEHS) came close, by suggested that "the power industry continue its practice of siting power lines to reduce exposures and continue to explore ways to reduce the creation of magnetic fields around transmission and distribution lines without creating hazards. We also encourage technologies that lower exposures from neighbourhood distribution lines provided that they do not increase other risks, such as those from accidental electrocution and fire".

By contrast, in the cover letter to the NIEHS report to Congress, Kenneth Olden, Director of NIEHS, recommended instead "passive regulatory action" such as "educating both the public and the regulated community on means aimed at reducing exposure...". This recommendation is somewhat different from Prudent Avoidance in that it advocates educational measures, rather than taking actual measures to reduce exposure.

Prudent Avoidance has not been formally adopted in the US for regulation of communications or commercial broadcasting facilities. However, government agencies have made recommendations to the telecommunications industry that could be considered as forms of Prudent Avoidance. In 1999 the U.S. Food and Drug Administration (FDA) urged the mobile phone industry to design phones that minimize user exposure to RF fields to levels necessary for the device's function.

In Prudent Avoidance, as implemented by various countries, prudent refers to expenditures, not an attitude to risk. It does not imply setting exposure limits at an arbitrarily low level, and requiring that they be achieved regardless of cost, but rather adopting measures to reduce public exposure to EMF

at modest cost. There is no requirement for assessment of potential health benefits.

ALARA is an acronym for **As Low As Reasonably Achievable**. It is a policy used to minimize known risks, by keeping exposures as low as reasonably possible, taking into consideration costs, technology, benefits to public health and safety and other societal and economic concerns. ALARA today is mainly used in the context of ionizing radiation protection, where limits are not set on the basis of a threshold, but rather on the basis of "acceptable risk". Under these circumstances, it is reasonable to minimize risk that can be presumed to exist even at levels below recommended limits, on the grounds that what constitutes "acceptable risk" can vary widely among individuals.

ALARA has not been applied to setting public policy related to exposure to EMF. Indeed, it is not an appropriate policy for EMF (either powerline or radiofrequency fields) in the absence of any expectation of risk at low exposure levels and given the ubiquity of exposure.

Precautionary Policies for EMF

Prudent Avoidance and other cautionary policies regarding EMF exposure have gained popularity among many citizens, who feel that they offer extra protection against scientifically unproven risks. However, such approaches are very problematic in their application. The chief difficulty is the lack of clear evidence for hazard from chronic exposure to EMF below recommended guidelines, or any understanding of the nature of a hazard should one exist. While the weight of evidence needed to trigger a cautionary policy is undoubtedly lower than that needed to set exposure guidelines, clearly a hazard must be identified and some understanding is needed of the conditions under which it is likely to be present.

Another difficulty is the ubiquity of EMF exposure in modern society, at highly variable levels and over wide frequency ranges. It is therefore difficult to create cautionary policies that have consistency and equity. For example, typical urban environments contain a multitude of radiofrequency transmitters, ranging from low power communications transmitters to very high power broadcast transmitters. It is difficult to envision a consistent and equitable cautionary policy that would minimize radiofrequency EMF exposures from cellular telephone base stations given the presence of far higher powered sources in the same urban area. Indeed, attempts to implement a cautionary policy for cellular telephone masts have typically been done on a piecemeal basis, with no attention to other (much stronger) sources of RF energy in the environment.

Implications for Guideline Limits

The above considerations suggest that a cautionary policy for EMF should be adopted only with great care and deliberation. The requirements for such a policy as outlined by the European Commission do not appear to be met in the case of either power or radio frequency EMF; however other related policies, such as Prudent Avoidance, may be justified.

A principle requirement is that such policies be adopted only under the condition that scientific assessments of risk and science-based exposure limits should not be undermined by the adoption of arbitrary cautionary approaches. That would occur, for example, if limit values were lowered to levels that bear no relationship to the established hazards or have inappropriate arbitrary adjustments to the limit values to account for the extent of scientific uncertainty.

It is possible to introduce cautionary policies without undermining science-based standards. In 1999, the New Zealand Government issued their RF exposure standards that follow the 1998 ICNIRP EMF guidelines. The Ministries of Health and Environment noted that it considered the basic restrictions and reference levels in its standard to "provide adequate protection". However, the Ministries noted that community concerns over RF exposure might be addressed by "...minimizing, as appropriate, RF exposure which is unnecessary or incidental to achievement of service objectives or process requirements, provided that this can be readily achieved at modest expense". This emphasis on reducing exposure at "modest expense" with no evidence of prospective health benefits or cost-

benefit analysis, marks this policy as a form of prudent avoidance, not an application of the Precautionary Principle as outlined by the European Commission.

Other measures, not related to precautionary approaches, can help address public concerns, which typically arise when new electrical facilities are proposed. These might include public input or participation in decisions regarding siting of power lines, electrical substations or radiofrequency transmitters. In addition, individuals can choose to take whatever measures they feel are appropriate to their situation and circumstances. Such actions may include repositioning bedside electrical equipment, such as clock radios, or moving a child's bed to an area of the bedroom that has a lower magnetic field. Turning off electric blankets before going to bed may also be an option. People conducting extended mobile phone conversations could use an earphone-microphone headset (hands-free kit) and hold their mobile phone away from their bodies. Such actions should not be recommended by national authorities on health grounds but may be appropriate for individuals depending on their perception of the risks involved.

For further information, please contact WHO Office of Press and Public Relations, Geneva. Tel (4122) 791 2599, Fax (41 22) 791 4858. Email: inf@who.int. All WHO Press Releases, Fact Sheets and Features as well as other information on this subject can be obtained on Internet on the WHO home page <http://www.who.int/> WHO's International EMF Project maintains an updated set of fact sheets giving information about all major sources of EMF exposure. Fact sheets on key issues have been translated into many languages and are available from WHO or on the Project home page at www.who.int/emf



International EMF Project Information Sheet



February 2005

ELECTROMAGNETIC FIELDS AND PUBLIC HEALTH

Intermediate Frequencies (IF)

Exposure to human-made electromagnetic fields (EMF) has increased over the past century. The widespread use of EMF sources has been accompanied by public debate about possible adverse effects on human health. As part of its charter to protect public health and in response to these concerns, the World Health Organization (WHO) established the International EMF Project to assess the scientific evidence of possible health effects of EMF in the frequency range from 0 to 300 GHz. The EMF Project encourages focused research to fill important gaps in knowledge and to facilitate the development of internationally acceptable standards limiting EMF exposure.

Public concerns have ranged from possible effects of exposure to extremely low frequency (ELF) electric and magnetic fields (e.g. electricity supply including power lines) having frequencies between 0 and 300 Hz to possible effects of exposure to radiofrequency (RF) fields (e.g. microwave ovens and broadcast and other radio-transmission devices including mobile phones) having frequencies in the range 10 MHz - 300 GHz. A large body of scientific research in these two frequency ranges now exists. For the purpose of this document, the intermediate frequency (IF) region of the EMF spectrum is defined as being between the ELF and RF ranges; 300 Hz to 10 MHz. A relatively small number of studies has been conducted on the biological effects or health risks of IF fields. This is due, in part, to the fact that fewer types of devices produce fields in this frequency range. But because these devices now have a high consumer and industrial market penetration, it is important to evaluate their impact on human health. This information sheet addresses the known health effects of IF fields, and offers recommendations for further study.

Sources

Common sources of IF fields can be found in the following settings:

- **Industry:** Dielectric heater sealers, induction and plasma heaters, broadcast and communications transmitters,
- **General public:** Domestic induction cookers, proximity readers, electronic article surveillance systems and other anti-theft devices, computer monitors and television sets,
- **Hospitals:** MRI systems, electromagnetic nerve stimulators, electro-surgical units, and other devices for medical treatment,
- **Military:** Power units, submarine communication transmitters and high frequency (HF) transmitters.

Except for medical diagnostic and treatment devices, levels of human exposure from IF devices normally fall below limits recommended by the International Commission on Non-ionizing Radiation Protection (ICNIRP). However, workers in a few categories (e.g. operators of dielectric heater sealers and induction heaters, some military personnel and

technicians working near high powered broadcast equipment) may be exposed to considerably higher levels of IF fields.

How EMF Affects the Human Body

Several mechanisms, both thermal and non-thermal, by which electromagnetic (primarily, electric) fields can interact with biological systems are well established. The limiting hazard will arise from the adverse effect (thermal or non-thermal) that has the lowest threshold under given exposure conditions. While strong fields in the upper IF range may cause *thermal damage* (a relatively slow process that requires tissue to be maintained at high temperatures for a given period of time), some of the most obvious hazards from acute exposure to electric currents in the body may occur through *membrane excitation*. This non-thermal mechanism results from changes in membrane potential induced by external fields and occurs, for example, in the stimulation of peripheral nerves and muscle cells. Another mechanism is *electroporation*, which is the reversible or irreversible disruption of cell membranes when a field induces excessive electrical potentials across them. This can provoke tissue injury through electric shock, but is also being investigated for therapeutic purposes by using short electric field pulses to make human tissues more permeable to drugs.

External IF fields can induce these effects inside the human body but only at field strengths many times higher than typical environmental levels.

Reported Biological and Health Effects

Health benefits from electric and magnetic fields have been claimed since the 18th century, and pulsed EMFs in the IF range have found a place in modern medical practice for the treatment of bone healing and nerve stimulation and regeneration. However, concern has been expressed about possible health hazards associated with technology, both at home and in the workplace. These concerns include worker complaints of disturbances (e.g. swelling, prickling of fingers, headaches) and public anxiety about possible adverse health effects of IF fields from computer monitors and televisions. Types of research conducted so far have included:

- **Human studies:** Until now, most epidemiological studies concerning IF exposure have focused on *reproductive and ocular effects* from the use of computer monitors. Several major reviews have concluded that these, with their extremely weak IF fields, do not constitute a threat to human health and that they do not interfere with reproductive processes or pregnancy outcomes. Also, no association between such exposure and eye abnormalities has been established. A large study on female radio and telegraph operators showed a slight increased risk of *breast cancer*. However, this group of workers is also exposed to many other factors that could explain this increased risk. The high degree of biological variability and the multitude of EMF parameters make it difficult to reach firm conclusions about the significance of any of these studies for human health. Some of the most important health hazards due to IF sources relate to *indirect* action of EMF. For example, EMF produced by electronic anti-theft systems may interfere with implanted electronic medical devices (e.g. pacemakers, neurological stimulators).
- **Laboratory studies:** Few reported *cellular studies* using IF fields have shown independently-confirmed biological effects. Studies on mice have shown no morbidity, change in behaviour or lymphoma development with exposure to low-strength magnetic field signals in the kHz range. Although a few studies of effects on *reproduction and development* of mice, rats, and chick embryos and a few other studies suggest the possibility of minor skeletal anomalies; overall there is no clear evidence for increased malformations.

Compared to extremely low frequency fields (ELF, which includes AC power frequencies) and radio frequency fields (RF, which includes mobile phone communications), little research has been done of the effects of IF fields. The scientific evidence is not convincing that adverse health effects occur from exposure to IF fields normally found in the living and working environment. This conclusion is partly based on the studies conducted with IF fields but also on the fact that IF fields act on the body in a way similar to ELF and RF fields, depending on the frequency of the IF field.

International Standards

ICNIRP is an independent scientific commission formally recognized by WHO that has published guidelines on exposure limits for all EMF in the 0 to 300 GHz frequency range. Exposure guidelines in the IF range have been established from rigorous review of the scientific literature on possible adverse health effects and by extrapolating limits from the ELF and RF ranges, based on coupling of external fields with the body and assumptions about the frequency dependence of biological effects.

What Should Be Done?

The scientific evidence does not suggest any health risk from IF fields at exposures below the ICNIRP guideline levels. However, there is a need for more high quality research to address uncertainties in current knowledge. The following key areas have been identified for further research:

- **Epidemiological studies:** It is recommended that epidemiological studies be considered only if pilot studies demonstrate the feasibility of gathering high quality exposure data in appropriate highly exposed populations, thereby achieving adequate statistical power and identifying relevant health outcomes.
- **Exposure evaluation:** The degree and type of EMF exposure currently encountered in occupational and domestic settings need to be better characterized. Periodic checks must be made and documented in industrial and other occupational settings where IF fields are used, to ensure that the equipment is operating properly and that exposure guidelines are not exceeded.
- **Animal studies:** Future animal studies should attempt to use exposure conditions that are similar to human exposures from industrial and other sources, and also should explore higher exposure levels. If specific suspect pathways are identified, these studies could be supplemented by cell or tissue studies to clarify how IF fields affect organisms.
- **Biological interaction:** More comprehensive understanding of the biological interaction and hazard thresholds is required to refine exposure guidelines, particularly for pulsed fields or fields with complex waveforms.
- **Dosimetry:** Computer modelling techniques exist that enable the calculation of fields induced inside the bodies of people exposed to IF fields. The most advanced of these techniques employ anatomically realistic computational phantoms. Such methods are particularly appropriate in risk assessment and testing compliance of measured IF fields with exposure limits in a consistent manner. It is important that, where appropriate, female and child phantoms are also considered for use in such assessments.

What is the World Health Organization doing about the issue?

The WHO's International EMF Project has established a programme to review research results and conduct risk assessments of EMF exposure. It is developing public information materials, and bringing together standards groups world-wide in an attempt to harmonize approaches to the development of EMF exposure standards. Health risks from EMF exposure, including cancer, are being evaluated by WHO in collaboration with the International Agency for Research on Cancer (IARC) – the specialized cancer research agency of WHO – and by ICNIRP.

Further Reading

Bernhardt JH, McKinlay AF and Matthes R, editors: Possible health risk to the general public from the use of security and similar devices. Report to the European Commission Concerted Action QLK4-1999-01214, ICNIRP, 2002 (ICNIRP 12/2002).

Matthes R., van Rongen E., Repacholi M., editors: *Proceedings of the International Seminar on Health Effects of Exposure to Electromagnetic Fields in the Frequency Range 300 Hz to 10 MHz*, Maastricht, The Netherlands, ICNIRP, 1999 (ICNIRP 8/99).

Litvak E, Foster K R and Repacholi M H (2002): Health and safety implications of exposure to electromagnetic fields in the frequency range 300 Hz to 10 MHz. *Bioelectromagnetics* 23(1): 68-82.

Matthes R., Bernhardt J., McKinlay A., editors: *Guidelines on Limiting Exposure to Non-Ionizing Radiation*, ICNIRP, 1999 (ICNIRP 7/99) <http://www.icnirp.org>.



International EMF Project Information Sheet



February 2005

ELECTROMAGNETIC FIELDS AND PUBLIC HEALTH

Microwave Ovens

WHAT ARE MICROWAVES?

Microwaves are high frequency radio waves (radiofrequency fields) and, like visible radiation (light), are part of the electromagnetic spectrum. Microwaves are used primarily for TV broadcasting, radar for air and sea navigational aids, and telecommunications including mobile phones. They are also used in industry for processing materials, in medicine for diathermy treatment and in kitchens for cooking food.

Microwaves are reflected, transmitted or absorbed by materials in their path, in a similar manner to light. Metallic materials totally reflect microwaves while non-metallic materials such as glass and some plastics are mostly transparent to microwaves.

Materials containing water, for example foods, fluids or tissues, readily absorb microwave energy, which is then converted into heat. This Information Sheet discusses the operation and safety aspects of microwave ovens used in the home. More details about the nature of electromagnetic fields and health effects of radiofrequency and microwave fields are available in WHO Fact Sheets 182 and 183.

ARE MICROWAVE OVENS SAFE?

When used according to manufacturers' instructions, microwave ovens are safe and convenient for heating and cooking a variety of foods. However, several precautions need to be taken, specifically with regards to potential exposure to microwaves, thermal burns and food handling.

Microwave safety: The design of microwave ovens ensures that the microwaves are contained within the oven and can only be present when the oven is switched on and the door is shut. Leakage around and through the glass door is limited by design to a level well below that recommended by international standards. However, microwave leakage could still occur around damaged, dirty or modified microwave ovens. It is therefore important that the oven is maintained in good condition. Users should check that the door closes properly and that the safety interlock devices, fitted to the door to prevent microwaves from being generated while it is open, work correctly. The door seals should be kept clean and there should be no visible signs of damage to the seals or the outer casing of the oven. If any faults are found or parts of the oven are damaged, it should not be used until it has been repaired by an appropriately qualified service engineer.

Microwave energy can be absorbed by the body and produce heat in exposed tissues. Organs with a poor blood supply and temperature control, such as the eye, or temperature-sensitive tissue like the testes, have a higher risk of heat damage. However, thermal damage would only

occur from long exposures to very high power levels, well in excess of those measured around microwave ovens.

Thermal safety: Burn injuries can result from handling hot items heated in a microwave oven, in the same way as items heated using conventional ovens or cooking surfaces. However, heating food in a microwave oven presents some peculiarities. Boiling water on a conventional stove allows steam to escape through bubbling action as the water begins to boil. In a microwave oven there may be no bubbles on the walls of the container and the water will super-heat and may suddenly boil. This sudden boiling may be triggered by a single bubble in the liquid or by the introduction of a foreign element such as a spoon. People have been severely burned by super-heated water.

Another peculiarity of microwave cooking relates to the thermal response of specific foods. Certain items with non-porous surfaces (e.g. hotdogs) or composed of materials that heat at different rates (e.g. yolk and white of eggs) heat unevenly and may explode. This can happen if eggs or chestnuts are cooked in their shells.

Food safety: Food safety is an important health issue. In a microwave oven, the rate of heating depends on the power rating of the oven and on the water content, density and amount of food being heated. Microwave energy does not penetrate well in thicker pieces of food, and may produce uneven cooking. This can lead to a health risk if parts of the food are not heated sufficiently to kill potentially dangerous micro-organisms. Because of the potential for uneven distribution of cooking, food heated in a microwave oven should rest for several minutes after cooking is completed to allow the heat to distribute throughout the food.

Food cooked in a microwave oven is as safe, and has the same nutrient value, as food cooked in a conventional oven. The main difference between these two methods of cooking is that microwave energy penetrates deeper into the food and reduces the time for heat to be conducted throughout the food, thus reducing the overall cooking time.

Only certain microwave ovens are designed to sterilize items (for example baby's milk bottles). The user should follow the manufacturer's instructions for this type of application.

Misconceptions: To dispel some misconceptions, it is important to realize that food cooked in a microwave oven does not become "radioactive". Nor does any microwave energy remain in the cavity or the food after the microwave oven is switched off. In this respect, microwaves act just like light; when the light bulb is turned off, no light remains.

HOW DO MICROWAVE OVENS WORK?

Domestic microwave ovens operate at a frequency of 2450 MHz with a power usually ranging from 500 to 1100 watts. Microwaves are produced by an electronic tube called a magnetron. Once the oven is switched on, the microwaves are dispersed in the oven cavity and reflected by a stirrer fan so the microwaves are propagated in all directions. They are reflected by the metal sides of the oven cavity and absorbed by the food. Uniformity of heating in the food is usually assisted by having the food on a rotating turntable in the oven. Water molecules vibrate when they absorb microwave energy, and the friction between the molecules results in heating which cooks the food.

Unlike conventional ovens, microwaves are absorbed only in the food and not in the surrounding oven cavity. Only dishes and containers specifically designed for microwave cooking should be used. Certain materials, such as plastics not suitable for microwave oven, may melt or burst into flames if overheated. Microwaves do not directly heat food containers which are designed for microwave cooking. These materials usually get warm only from being in contact with the hot food.

Oven manufacturers do not recommend operating an empty oven. In the absence of food, the microwave energy can reflect back into the magnetron and may damage it.

Microwave oven users should carefully read and comply with the manufacturer's instructions because new ovens vary widely in design and performance. While most modern ovens can tolerate some food packaging made of metal, oven manufacturers generally recommend not placing metal in the oven, particularly not close to the walls, as this could cause electrical arcing and damage the oven walls. Also, because metal reflects microwaves, food wrapped in metal foil will not be cooked, while food not in metal wrap may receive more energy than intended, causing uneven cooking.

INTERNATIONAL STANDARDS

Several countries, as well as the International Electrotechnical Commission (IEC), the International Committee on Electromagnetic Safety (ICES) of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) and the European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC), have set a product emission limit of 50 watts per square metre (W/m^2) at any point 5 cm away from the external surfaces of the oven. In practice, emissions from modern domestic microwave ovens are substantially below this international limit, and have interlocks that prevent people being exposed to microwaves while the oven is on. Moreover, exposure decreases rapidly with distance; e.g. a person 50 cm from the oven receives about one one-hundredth of the microwave exposure of a person 5 cm away.

These product emission limits are defined for the purpose of compliance testing, not specifically exposure protection. The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) has published guidelines on exposure limits for the whole EMF part of the spectrum. Exposure guidelines in the microwave range are set at a level that prevents any known adverse health effect. Exposure limits for workers and for the general public are set well below levels where any hazardous heating occurs from microwave exposure. The emission limit for microwave ovens mentioned above is consistent with the exposure limits recommended by ICNIRP.

WHAT THE WORLD HEALTH ORGANIZATION IS DOING

The World Health Organization (WHO), through the International EMF Project, has established a programme to review research results and conduct risk assessments of exposure to electromagnetic fields in the range from 0 to 300 GHz. Health risks from EMF exposure are being evaluated by WHO in collaboration with ICNIRP.

The EMF Project has a web site with links to WHO Fact Sheets on various aspects of EMF exposure and health and published in multiple languages (for more information, see http://www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts_press/fact_english.htm). The site also provides information on the Project, its publications and its scientific and public information activities.



International EMF Project Information Sheet



February 2005

ELECTROMAGNETIC FIELDS AND PUBLIC HEALTH

Effects of EMF on the Environment

Levels of electromagnetic fields (EMF) from human-made sources have increased steadily over the past 50-100 years. Most EMF exposures come from increased use of electricity and new technologies. In the past decades, potential adverse effects from EMF exposure on human health have been an important topic of research. However, little has been published about the impact of EMF on the natural terrestrial and aquatic environment.

The World Health Organization (WHO) is addressing this issue through the International EMF Project. One of the Project's objectives is to provide advice to national authorities and others on EMF health and environmental effects and protective measures or actions if needed.

This information sheet summarizes the current scientific understanding on the effects of exposure to EMF fields on the living environment, across the electromagnetic spectrum in the frequency range 0-300 GHz. This range covers all frequencies that are emitted into the environment through use of EMF technology. Recommendations are also given for further research to fill gaps in knowledge needed to better assess EMF environmental impacts.

IS THERE REASON TO WORRY ABOUT ENVIRONMENTAL EFFECTS OF EMF?

Awareness of any environmental impacts of EMF is important to ensure the preservation of terrestrial and marine ecosystems, which form the basis for sustainable development. Protection of the environment and conservation of nature have become matters of great interest to the public, as well as to governments. Such interest is often expressed as concern over possible environmental impacts of large technology projects, such as dams, nuclear power plants, and radiofrequency transmitters. Several projects have been subject to public pressures on environmental grounds, with EMF being one but not necessarily the only issue. For example, a proposed high frequency (HF) radio transmitter for the Voice of America in Israel, which would have been the world's largest radio station, was blocked from construction on environmental grounds, in part related to concerns about potential effects of radio frequency fields on migrating birds.

Public concern about environmental exposure to EMF has ranged from claims of reduced milk production in cows grazing under power lines to damage to trees near high power radars. Such concerns might also affect the development of new technology: several plans have been proposed since the late 1960s for generating electric power in space by orbiting arrays of solar panels. Large amounts of electricity generated by such solar power satellites would be transmitted to sizeable antennas on the ground. In addition to overcoming technical difficulties, this and other new technologies would have to gain public acceptance.

SOURCES OF ENVIRONMENTAL EXPOSURE

Emissions from natural as well as artificial sources make up the EMF environment we live in. **Natural sources**, which include EMF radiation from the sun, the earth, the atmosphere including lightning discharges, account for only a small fraction of the overall EMF emissions in the 0-300 GHz frequency range. **Human-made sources** from major technologies have become an important component of the total EMF emissions into the environment. Relevant sources in the environment include:

- **FM Radio and TV Transmitters:** The strongest radio-frequency fields in most urban areas are associated with radio and TV broadcast services (for more information, see Fact Sheet 183). In urban areas, contributions from mobile phone base stations may reach similar amplitudes.
- **Radar:** Radar systems are used for a variety of tasks, ranging from navigation to aircraft and missile surveillance systems (for more information, see Fact Sheet 226). Wide-spread penetrations are expected from vehicle anti collision radar systems.
- **High Voltage Power Lines:** Power lines deliver electricity (usually at 50 or 60 Hz) and may span hundreds of kilometres (for more information related to their effects on human health, see the WHO Fact Sheets 205, 263).
- **Undersea Power Cables:** Undersea cables are used in Europe (especially in Scandinavia and Greece), Canada, Japan, New Zealand and the Philippines to transfer electric power across water. These sea cables usually conduct very large DC currents of up to a thousand amperes or more.

For most of these sources, substantial EMF only exist adjacent to the source, where they may exceed international guidelines for limiting exposure of people (ICNIRP, 1998). These areas are generally not accessible to the public but may be entered by fauna. Away from the EMF sources, the fields decrease rapidly to intensities below ICNIRP's exposure guidelines.

SUMMARY OF RELEVANT STUDIES

Animals

Most studies of EMF effects in animals have been conducted to investigate possible adverse health effects in humans. These are usually performed on standard laboratory animals used in toxicological studies, e.g. rats and mice, but some studies have also included other species such as like short-living flies for the investigation of genotoxic effects. The subject of this information sheet, however, is whether EMF can have harmful impacts on species of wild and domestic animals. Under consideration are:

- Species, in particular certain fish, reptiles, mammals and migratory birds, which rely on the natural (geomagnetic) static magnetic field as one of a number of parameters believed to be used for orientation and navigational cues
- Farm animals (e.g. swine, sheep or cattle) grazing under power lines (50/60 Hz) or in the vicinity of broadcasting antennas
- Flying fauna, such as birds and insects, which may pass through the main beam of high power radio-frequency antennas and radar beams or through high intensity ELF fields near power lines.

Studies performed to date have found little evidence of EMF effects on fauna at levels below ICNIRP's guideline levels. In particular, there were no adverse effects found on cattle grazing below power lines. However, it is known that flight performance of insects can be impaired in electric fields above 1kV/m, but significant effects have only been shown for bees when electrically conductive hives are placed directly under power lines. Un-insulated un-earthed conductors placed in an electric field can become charged and cause injury or disrupt the activity of animals, birds and insects.

Vegetation

Field studies of 50-60 Hz exposure to **plants and crops** have shown no effects at the levels normally found in the environment, nor even at field levels directly under power lines up to 765 kV. However, the variability of parameters associated with environmental conditions that affect plant growth (e.g. soil, weather) would likely preclude observation of any possible low-level effects of electric field exposure. Damage to **trees** is well known to occur at electric field strengths far above ICNIRP's levels due to corona discharge at the tips of the leaves. Such field levels are found only close to the conductors of very high voltage power lines.

Aquatic Life

Although all organisms are exposed to the *geomagnetic field*, marine animals are also exposed to natural *electric fields* caused by sea currents moving through the geomagnetic field. Electrosensitive fish, such as sharks and rays in oceans and catfish in fresh water, can orient themselves in response to very low electric fields by means of electroreceptive organs. Some investigators have suggested that human-made EMF from undersea power cables could interfere with the prey sensing or navigational abilities of these animals in the immediate vicinity of the sea cables. However, none of the studies performed to date to assess the impact of undersea cables on migratory fish (e.g. salmon and eels) and all the relatively immobile fauna inhabiting the sea floor (e.g. molluscs), have found any substantial behavioural or biological impact.

CONCLUSION

The limited number of published studies addressing the risk of EMF to terrestrial and aquatic ecosystems show little or no evidence of a significant environmental impact, except for some effects near very strong sources. From current information the exposure limits in the ICNIRP guidelines for protection of human health are also protective of the environment.

WHAT SHOULD BE DONE?

Environmental studies are needed since any adverse influence of EMF on plants, animals such as birds, and other living organisms, while important in their own right, could also ultimately impact on human life and health. However, much of the existing work in this area has been scattered in approach and uneven in quality. A co-ordinated research agenda that addresses the scientific issues raised by increasing environmental EMF levels does not exist. In view of the facts discussed above, there is no urgent need to give research priority to this field over other health topics. However, while there is a small but active research effort in this area, it would be informative to:

- design bio-effects research with **wildlife species** in mind and aimed at identifying their possible responses to new human-made sources of EMF energy. Appropriate choice of species for study is very important (e.g. birds since they can enter areas of high field strength),
- develop **environmental guidelines** for EMF exposure at different frequencies, drawing on information from well-performed studies. Such guidelines might resemble those developed for human health, but with appropriately adapted thresholds to ensure that EMF levels are below those producing adverse consequences in the environment,

WHERE CAN I FIND MORE INFORMATION?

The following references provide a more in-depth treatment of this subject:

- Matthes R., Bernhardt J., Repacholi M., editors: *Proceedings of the International Seminar on Effects of Electromagnetic Fields on the Living Environment*, Ismaning, Germany, ICNIRP, 2000 (ICNIRP 10/2000).

- Foster K. and Repacholi M. *Environmental Impacts of Electromagnetic Fields From Major Electrical Technologies*. EMF Project report: http://www.who.int/peh-emf/publications/reports/en/env_impact_emf_from_major_elect_tech_foster_repacholi.pdf
- Matthes R., Bernhardt J., McKinlay A., editors: *Guidelines on Limiting Exposure to Non-Ionizing Radiation*, ICNIRP, 1999 (ICNIRP 7/99). <http://www.icnirp.org>
- All WHO Fact Sheets are available at http://www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts_press/fact_english.htm

