

## 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)