

## 静磁界の曝露限度値ガイドライン(Health Phys 96(4):504-514;2009)に関する

### ファクト シート

産業と医療における静磁界利用技術の急速な発展は、人の静磁界曝露を増大させる結果となった。ICNIRPは、非電離放射線の健康悪影響に対する防護ガイドラインを策定する組織として国際的に承認されている。最近、静磁界の職業的曝露および一般公衆曝露の限度値に関するガイドラインを刊行した。このファクトシートは、このガイドラインの内容とその背景を述べる。

磁界は電荷に物理的力を及ぼすが、それは電荷が動いている時のみである。テスラ(T)の単位で測定される磁束密度は、磁界影響評価に最も関係のある物理量として認められている。地球の自然の静磁界は $\sim 50 \mu\text{T}$ であり、 $\sim 30$ から $70 \mu\text{T}$ まで地理的に変動する。高圧直流送電線下では $20 \mu\text{T}$ 程度の磁束密度が生じている。磁気浮上に基づく高速旅客列車のモーター付近では比較的高い磁束密度が生じている。居住環境および職場環境中のその他の静磁界発生源には、磁石クリップや磁石留め具(バッグの中や磁石の玩具等)の小型永久磁石があり、これらは $0.5 \text{ mT}$ を上回る局所的静磁界を発生させる。最も高い非職業的曝露は、磁気共鳴画像法(MRI)による診断検査を受けている患者に起きる。MRIは診断情報を得るため、また外科的介入のガイドとしても次第に多く利用されている。また、MRIシステムの製造や保守に係わるスタッフも強い静磁界に曝露される。MRIを用いたリアルタイム制御下での直接的な介入的医学処置は医療スタッフの曝露増大を生じさせる。

約 $10\text{T}$ までの強磁界を用いる機能的MRIは、ヒト脳機能の学術的、医学的研究に現在広く利用されている。その他に、熱核融合炉・超電導発電機など高エネルギー技術、粒子検出装置・粒子加速器など実験施設、塩素やアルミニウムの生産のような電気分解処理を必要とする産業(最大で数 $10\text{mT}$ の曝露ピーク値がある)および永久磁石・磁性体材料の製造に携わる産業において強い磁界が生じている。

静磁界と生体物質との相互作用の物理的メカニズムとして確立されたものは、磁気誘導、磁界力学的相互作用および磁界電子相互作用の3つである。

静磁界の生物学的影響の可能性について多数のインビトロ研究が行われており、細胞配向、細胞成長、代謝活性、遺伝子発現などの評価項目が分析された。全体としてこれらの研究は、磁束密度が数テスラまでの磁界曝露の有害影響の確実な証拠を示していない。動物実験研究は、約 $4 \text{ T}$ またはそれ以上の磁界で見られた嫌悪反応および条件回避は前庭器官に起因すると考えられることを示している。

## 国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP)

約0.1 T以上の静磁界は流動電位を、心臓内部および周囲とその他の主要血管に、特に著しく誘導するが、その健康に関する重要性は明らかでなく、また、8 Tまでの静磁界曝露の神経学的影響または心臓血管機能、胎児発達、発がん、その他の評価項目への影響に関して、臨床上重要なものは見いだされなかった。

ヒトの実験研究では、8 T までの静磁界曝露の明白な生理学的影響は見いだされなかったが、例外として、収縮期血圧の小さな増加がみられた。モデル計算に基づけば、15 Tを上回る磁界レベルにおいてのみ臨床的に意味のある血流低下が予測される。ボランティア研究において、8 Tまでの静磁界曝露の、上記以外の心臓血管機能、体温、記憶、会話、聴覚－運動反応時間への影響、または何らかの深刻な健康影響の証拠はない。目と手の協応運動や視覚コントラスト感度への影響についていくつかの証拠がある。2-3 T の静磁界は、眼球や頭部を動かした時に吐き気、目眩、金属味、磁気閃光など一過性感覚作用を起こす場合がある。その感受性は個人間で変動し、その作用は磁界内をより遅く動くことによって、最小化または排除できる。

静磁界曝露した人の長期的な健康に関する疫学的データはほとんどなく、MRI操作者など潜在的な高度曝露群に関しては一つもない。利用可能な疫学的研究は、アルミニウム精錬所や塩素アルカリ工場での作業または溶接工としての作業で数10 mTまでの静磁界に曝露した作業員に関するもので、方法論的限界を有しているが、がん発生率、生殖およびその他の調査項目において上記レベル曝露の強い影響を示していない。

上記に要約された科学的証拠のレビューに基づき、ICNIRPは以下の曝露限度値を勧告する。

### 職業的曝露

**曝露限度値:** 頭部および躯幹部の職業的曝露は、空間ピーク値で磁束密度2 Tを超えるべきではない。しかし、特殊な職場への適用については、環境が制御され、かつ運動誘導効果を制御するために適切な作業実践が履行される場合、8 Tまでの曝露が許容される。磁界内での運動による感覚的影響は、ELFガイドラインに定められた基本制限を満たすことにより回避が可能である。四肢に限定した場合、8 Tまでの曝露が容認される。

### 一般公衆曝露

**曝露限度値:** 一般公衆の急性曝露は、(身体の任意の部分において)400 mTを超えるべきではない。これは職業的曝露限度値に低減係数5を反映させたものである。しかし、間接的な悪影響の可能性があるため、埋め込み型医用電子機器および強磁性材料含有インプラントを装着した人の不注意による有害曝露を防止し、強磁性物体の飛行による傷害を防止するために、実際的手段の履行が必要であり、そのためには大幅に低い制限レベル、例えば0.5 mT (IEC 2002)、になる可能性が

## 国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）

あることをICNIRPは承知している。しかし、このような生物学的でない影響を考慮した曝露限度値策定はICNIRPの検討課題ではない。

ガイドラインの限度値の根拠は、次の文献に完全な形で示されている。

“Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields” Health Physics 96(4):504-514; 2009.

次表に限度値<sup>a</sup>を要約して示す。

曝露の特性	磁束密度
職業的曝露 <sup>b</sup>	
頭部および躯体部の曝露	2 T
四肢の曝露	8 T
一般公衆曝露 <sup>c</sup>	
身体の任意の部分の曝露	400 mT

- a. ICNIRP は、これらの限度値を、運用上は空間ピーク値と見なすことを勧告する。（ファクトシートの原文には<sup>a</sup>がないため、“Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields” Health Physics 96(4):504-514; 2009 を参考に訳者が挿入した）
- b. 特殊な職場への適用については、8 T までの曝露が正当化される。但し、環境が制御され、運動誘導効果を制御するために適切な作業実践が履行されることが条件である。
- c. ICNIRP は、間接的な有害影響の可能性があるため、埋め込み型医用電子機器や強磁性物質含有インプラントを装着した人の不注意による有害な曝露、および飛来物体の危険を防止するために実際的手段が履実行される必要があると認識する。それは、例えば 0.5mT 程度の、大幅に低い制限レベルになる可能性がある。

## 防護対策

ICNIRPは、このガイドラインの利用には適切な防護対策が併用されるべきであると勧告する。これらの対策は、静磁界曝露が非常に低レベルでかつ頻繁ではない一般的場所と、仕事の状況によっては強い静磁界に遭遇することもある職場について、区別して考える必要がある。公衆について、埋め込み型医用電子機器の干渉可能性および強磁性材料含有インプラントに作用する力から人々を防護する必要がある。さらに、特殊な状況において、工具など強磁性物体の飛行から生じるリスクがある。非常に高磁界曝露を必然とする職場状況において、目眩や吐き気などの一過性症状の影響を最小化するために、部署毎に特別の作業手順を設定する必要がある。さらに詳細な点は、Health Phys 96(4):504-514; 2009で知ることができる。