

Biological Responses to Magnetic Fields and the Risk Assessment

強磁場下の生体挙動と影響評価

プロジェクトリーダー 宮 越 順 二

京都大学 大学院医学研究科 助教授



1. 研究の目的

現在、生活・労働環境周辺には、商用周波数領域における変動電磁場、医療現場における直流強磁場のMRI（磁気共鳴画像法）このところ普及のめざましい携帯電話を代表とした高周波電磁場などがあります。さらに近い将来予想される、リニアモーターカーや電力貯蔵も身の周りの新たな電磁場環境を造り出します。つまり地球上の自然界に存在する以上の電磁場に曝される機会が増加してきているのです。このような電磁場の発生源に関しては、安全基準の根拠となる生体影響の明確な科学的データが十分ともいえません。したがって、電磁場環境における生体影響のメカニズム解明と理解が大きな社会的要請となっています。特に、高磁場での労働環境のリスク評価が急がれています。これまで磁場の生体影響については、主に北米やヨーロッパで行われてきています。しかし、この分野の研究は環境レベルに近い非常に弱い曝露を中心としており、生体応答としても非常に弱く、不確実な影響として捕えられているにすぎません。したがって、磁場の生体影響は強磁場での研究を優先し、確かな生体応答を捕らえることが重要であります。一方、生命科学の急速な発展により、磁場の生体や細胞に対する効果についても、これまで不確実とされてきた現象が、強磁場下における生体の確かな応答として検出できつつあります。

本研究プロジェクトは、社会的要請の強い磁場の生体影響について、磁場曝露による細胞や個体の明確な応答を定量的に解析します。そこから安全管理基準の策定を念頭においた線量—効果関係に基づくしきい値の推定ならびに磁場に対する分子生物学的な応答のメカニズム解明を目的としています。さらに、生物学的に明確な磁場効果については、医療・健康面における積極的な活用の可能性を探究します。



2. 研究の内容

現在から将来にかけて、私たちの身の回りにはいろいろな種類の磁場が存在し、これらに曝されることになります。この研究プロジェクトでは、これらの磁場による生体影響評価とメカニズムの解明ならびに主として医療分野における磁場の応用を主眼において以下の研究を推し進めています。

(1) 磁場の生体影響評価とメカニズムの解明

これまでに保有する商用周波強磁場曝露装置に加えて、まず強い定常磁場(最大10T(テスラ))や高周波変動磁場を細胞や個体(ショウジョウバエ)に曝露するための装置を開発・製作します。(以後「磁場」と総称します。)これらの装置は巨視的、微視的ドシメトリ(線量測定)を十分行い、電磁工学的に正確な曝露量が把握できるようにします。作製されたこれらの装置を使って磁場により細胞がどのように応答するかを調べ、磁場作用のメカニズムを解析します。細胞(ヒトを含む哺乳動物由来)レベルにおける主な評価指標としては、(1)致死効果の有無やその程度ならびに細胞増殖の速さ、(2)核酸の合成能、(3)染色体異常や姉妹染色分体交換頻度、(4)遺伝子を構成するDNAに対する損傷の有無とその修復機構への作用、(5)遺伝子機能の変化、つまり特定遺伝子の発現(機能の強化や抑制)と突然変異(正常な遺伝子DNAの塩基配列に変化が生じ、遺伝子産物の機能が異常となること)(6)シグナル伝達(細胞の外部からの信号が細胞膜を通して細胞質や核の分子系に信号が伝達され、細胞の代謝、遺伝子発現、分化、増殖などの調節を行なうこと)(7)トランスフォーメーション(正常細胞から変異体に変化すること)などについて解析を行います。また、微生物、特に大腸菌を用いて変異原性についての磁場影響を調べたり、さらに特定の遺伝子を欠損している大腸菌の磁場に対する応答の変化を正常のものとは比較して、遺伝子レベルにおける影響を検索します。一方、個体(ショウジョウバエ)レベルにおける主な評価指標としては、(1)よく知られたショウジョウバエの体細胞突然変異検出系を用いて、遺伝的影響への可能性について、さらに、(2)ショウジョウバエの発生異常についても調べます。以上のように、主として分子細胞生物学的な実験を通して磁場環境における生体影響のメカニズム解明を推し進めようとしています。さらに、細胞レベルならびにショウジョウバエの結果を総合的に判断し、磁場の生体影響評価としての線量-効果関係を明らかにし、それに基づきききい値の推定を行います。

(2) 磁場の医療応用への可能性

強定常磁場に関しては、フィブリンやコラーゲンなど生体高分子重合体の磁場配向、さらには細胞の磁場配向などの確実な磁気現象の解明が急速に進んでいます。医療応用という側面からは、蛋白高分子の磁場配向現象が細胞の形態・機能に及ぼす影響について、磁場配向した高分子重合体を足場とする細胞の機能変化を調べます。また、蛋白の磁場配向を血管壁や骨などの組織再生に応用するための実験や血管内の細胞や蛋白質の磁場配向を生化学反応系の制御に応用するための実験を行います。さらに高周波磁場に関しては効率的なガン治療への応用という側面から検討を加えます。このように再生医学やガン治療などの医療分野で強磁場が寄与できるものと期待しています。

3. 研究の体制

期 間：1999年8月～2004年3月

構 成：プロジェクトリーダーと研究協力者9名(電磁工学、生体医療工学、動物学、細胞生物学、ガン治療学、再生医学などの分野)が協力して研究を進めています。

実施場所：京都大学大学院医学研究科

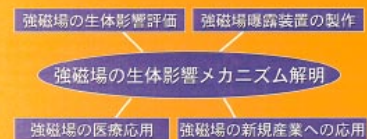


図1. プロジェクトの開拓目標体系

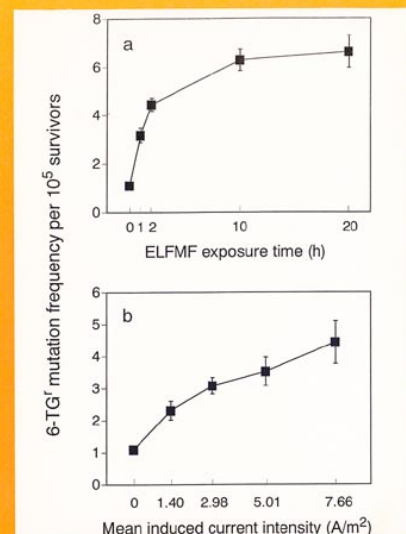


図2. 極低周波磁場(400mT, 50Hz)のヒト由来メラノーマ細胞における突然変異誘発効果。曝露時間ならびに誘導電流密度に依存して突然変異が増加しています。

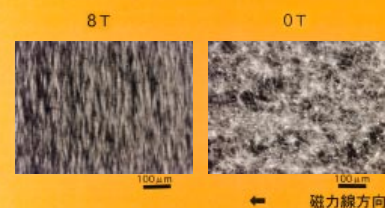


図3. 定常磁場8Tによるコラーゲンの磁場配向(×15)。コラーゲン繊維は磁気線方向に垂直に配向しています。