

平成22年度以降の「生体電磁環境に関する研究における今後取り組むべき研究課題」

	研究課題名	研究概要	本研究の必要性
ヒトへの影響に関する研究	刺激作用の周波数依存性の定量的評価	刺激作用を考慮すべき上限の周波数を神経生理学的実験及び数理モデルにより明らかにする。 具体的には、被験者に電流を安全に流入させる装置を用いて、電流刺激閾値を求める。性別・年齢の様々な集団を対象に閾値データを蓄積する。同時に心理・生理学的情報等も収集する。また、周波数、電流波形、電極形状、接触位置等への依存性についても検討する。これらの検討を通じて、電波防護指針の根拠の妥当性を再確認する。	電波防護指針では、100kHzまでは刺激作用を考慮した制限を置いている。ICNIRPでは、10MHzまで考慮している。この項目は、SARでの制限を基本としている電波防護指針の適用を煩雑にしており、必要十分な制限の在り方をしめすことが必要である。 特に、RFID、EASやIH調理器等の比較的高強度の電磁界を発生する装置が一般公衆の環境で使用されるようになってきていることから、接触電流の感知閾値に関する研究成果はこれまでにほとんど医学・生物研究データが存在しなかった中間周波数帯における電波防護指針値の根拠の信頼性を向上させるため、必要である。
ヒトへの影響に関する研究	ミリ波ばく露時の温熱感閾値に関する研究	被験者にミリ波を安全に照射する装置を用いて、温熱感閾値を求める。性別・年齢の様々な集団を対象に閾値データを蓄積する。同時に心理・生理学的情報等も収集する。また、周波数、照射時間、照射面積、照射位置等への依存性についても検討する。	ミリ波帯の電波防護指針の根拠とされている温熱感の閾値に関する生物・医学データは2.45GHz帯と赤外領域のものがほとんどであり、ミリ波帯についてはほとんど報告されていない。ミリ波帯は超高帯域情報伝送や自動車衝突防止レーダ等の目的に、今後、一般環境において、広く利用される見込みであることから必要である。
疫学調査	空間疫学的手法研究	無線システムからの電波ばく露の生体影響を調査するため、地理条件やアンテナの設置条件などの空間的位置関係を考慮した空間疫学的アプローチによる疾病とリスク要因の因果関係を発見する手法を検討する。	無線システムからの電波ばく露の生体影響を調査するには、地理的情報を含めたケースコントロール研究が有効であると考えられており、我が国の地理条件やアンテナの設置条件を考慮した、独自の研究の必要性がある。疾病の地域集積性や発生動向の特性を検出するには空間疫学的手法が必要である。
動物実験	免疫システムの機能とその発達における電磁環境の影響に関する影響	免疫システムに対する高周波電磁界の影響が示唆される報告が旧ソ連邦を中心に数多くあるため、WHOではその確認とより詳細な研究を急務としている。本研究では、免疫機能においても発達段階にある幼若な動物を用いて、その免疫システムへの影響を機能的・形態的・分子的な指標により検討する。	高周波領域におけるWHOの研究アジェンダ(2006)において、「未成熟な動物への電磁界ばく露による造血・免疫システムの発達への影響を、機能的・形態的・分子的な指標により研究すること」が、動物実験に関する優先的研究課題として挙げられており、早急に研究を行う必要がある。

	研究課題名	研究概要	本研究の必要性
動物実験	電磁波のラット胎児の造血器への影響評価	妊娠ラットを用い、電磁波(2GHz、W-CDMA方式)ばく露を行う。コントロール群として、Sham群ならびにCage-Control群を用いる。胎児が出産された後、一定の期間において、ラット(照射された妊娠ラットの子)の骨髄幹細胞測定・末梢血の分画測定を行い、胎児に電磁波がばく露された際の造血器に与える影響を検討する。	WHOの研究アジェンダ(2006)において、早急に検討すべき動物実験のひとつとして、成熟過程にある動物に対する電磁波の影響、特に、造血器、中枢神経、免疫に対する影響を検討すべきとされている。また、胎児や子供に対する電磁波、特に携帯電話の影響の有無については、一般社会からの関心も高い。しかし、これまでに電磁波の造血器に対する影響評価は報告されておらず、唯一、赤血球への影響を評価した論文があるのみである。ただし、この論文では、対象動物として胎児は用いられていない。
動物実験	眼部への電波ばく露に対する防護指針根拠の検証	眼部での障害については、角膜、水晶体の温度上昇、前房水の対流を用いた評価、角膜上皮障害の評価法、水晶体障害の評価法など、我々の過去の研究から多くの判定モデルがあり、それらを用いた研究検討が可能である。また、赤外線照射による角膜への影響に関するこれまでのデータとの一貫性を考慮し、眼への影響に関する300GHzまでの電波防護指針の根拠を整理する。	眼は無血管組織である角膜が眼表面として露出している特殊な器官であり、体表と同一の安全基準で良いのかは明らかにされていない。現在進行中の研究において、眼部への電波曝露にはミリ波帯、準ミリ波帯での波長特異性があることを見出している。ミリ波帯および準ミリ波帯は、次世代のユビキタスネットワーク社会における基盤技術に使用される周波数帯であり、電波防護指針の根拠を再確認する意味でも、本研究の重要である。
動物実験	電波ばく露の及ぼす局所性生体影響の検索および作用機序の生物学的および工学的的手法を用いた解明	熱的影響を及ぼしうる照射出力含む電波を脳局所にばく露することにより、微小循環系を主とする局所ばく露領域における各種生体変化を検索する。次に、局所および深部温度の計測結果をこれに加え、電波ばく露量・生体変化・温度変化の関係性について明らかにする。さらに、熱調整系工学モデルを導入することで、局所電波ばく露に起因する生体変化の作用機序について検討する。	局所または全身への熱的影響が予想されるばく露領域においては、脳循環系や脳細胞などに対しては既に生体影響が認められているが、どのような作用機序によるものかは詳細な検討がなされていないことから、電波ばく露により惹起される各種生体変化を電波ばく露量・生体温度のデータと併せて実験動物より取得し、熱調整系工学モデルによる解析手法も取り入れながら検討することが必要である。
細胞実験	細胞の分化に対する電波ばく露の影響評価研究	携帯電話端末からの電波による、未成熟細胞の分化に対する影響を評価した研究を行う。培養条件を適切に選択することによって、未分化の細胞を分化させることができる細胞実験系を用いて、未分化状態のときに電波ばく露した場合の最終分化状態に及ぼす影響を検索・評価する。	電波ばく露により、組織や器官の源となる幹細胞が影響を受けることになると、分化に対して多大な影響を及ぼすことを予想される。電離放射線の研究では既に、幹細胞のような未熟な細胞ほど電離放射線の影響を受けやすいことが知られていることから、電波ばく露においても、未成熟な細胞に対する影響、特に分化に対する影響を評価する意義は非常に高いと考えられる。
細胞実験	発生・発達・分化過程における神経系細胞電磁界応答の実時間計測	電磁界ばく露時の細胞応答を実時間計測する手法を確立し、これを神経系細胞に適用する。細胞の電磁界に対する応答は、電気活動、胞内Ca ²⁺ イオン濃度変化の2つを指標として評価する。環境要因に対して感受性の異なる様々な時期の細胞の電磁界に対する応答を各時点で実時間計測する手法を確立の上、応答が生じた場合には、その条件を明らかにする。	様々な遺伝子の発現過程が精密に制御される発生・発達・分化過程の神経系は環境因子に対する感受性が高いと考えられ、電磁界ばく露の結果として生じる変化に対する「暴露後に固定した試料に対する免疫色」等を指標にした評価は報告が多いが、暴露に対する実時間応答の知見は十分でない。また、高周波数電磁界と細胞分化への影響とそのメカニズムに関して関係を明らかにしておく必要がある。

	研究課題名	研究概要	本研究の必要性
細胞実験	ヒト精子への携帯電話電波影響のin vitro調査	男性の精子サンプル(30人以上が理想)を対象に、携帯電話電波(各種の変調有り)を照射して、精子の質フリーラジカルの産生に及ぼす影響をin vitro実験的に調査する。併せて温度の影響等を評価して、影響が確認されたとする「レポート」の問題点を実験的に検討する。	携帯電話通話モードで精子の「質」が低下との米国からの報告がある。携帯電話の電波によるフリーラジカル産生への無熱作用影響について、白血球を用いた実験でネガティブであったことを確認している。また、小動物を用いた実験で「質」に影響はなかったことを確認している。しかし、ヒトの精液に対する影響調査の再現実験データが存在しないことから、この取得を図るものである。
ドシメトリ	金属を埋め込んでいる人体のドシメトリ基礎検討	植え込み型医療機器、骨折部接続のための金属、金属板、義足・義手等を装着した人体について、UHF帯域の電波防護指針の適用性を評価する。高分解能計算機シミュレーションによる基礎的検討を行う、次に擬似人体を用いた幾つかの基本的モデルを構成して、実験的にSARなどの測定を行いシミュレーションの妥当性を評価する。それらの検討を基に、現行の電磁界強度規格と局所吸収指針の扱いについて、金属の有無により差異が生ずるかを明らかにする。	“電波防護指針”では、「体内に金属を埋め込んでいる場合は、指針値以下の電磁界でも予想外の局所的な発熱などを引き起こす場合があり、注意が必要である。」と記述されているが、その具体的方法は特に示されていない。また、植込み型医療機器などの利用者数も増大していることから、“金属を埋め込んでいる人体”についての具体的な“電波防護指針”の適用方法を確立して時代の要求に応えることが重要である。
ドシメトリ	中間周波数帯の電磁界と人体との間接結合に関する数値ドシメトリ評価	接触電流は、筋肉や末梢神経を刺激する恐れがある。接触電流による体内誘導電界は、電流が流れる経路上で大きくなるため、特定の人体部位に影響する可能性が指摘されている。本課題では、中間周波数帯の接触電流による体内誘導電界評価に焦点をあて、過渡成分及びおよび定常成分の数値ドシメトリ評価を実施する。	ICNIRPの防護指針では間接結合の参考レベルに関しては、110MHzを上限周波数として定めているが、中間周波数帯に関する定量的評価は不十分である。間接結合に伴う体内誘導電磁界は、接触する部位により体内に誘導される物理量も大きく依存することが知られており、最悪のばく露条件に関する検討も十分行われていない。