

WHO
RF 電磁界研究アジェンダ
2010

**WHO RESEARCH AGENDA
FOR RADIOFREQUENCY FIELDS**



目 次

略語・略称一覧	3
1. はじめに	4
背景	4
アジェンダの影響力	4
指針とする原則	5
目的と対象	5
範囲	6
2. アジェンダ作成の手順	7
研究優先順位決定のプロセス	7
専門家の選出	8
3. 健康影響研究のニーズ	9
3.1 疫学	9
3.2 ヒトでの研究	11
3.3 動物での研究	12
3.4 細胞での研究	14
3.5 メカニズム	15
3.6 ドシメトリ	15
4. 社会科学研究のニーズ	18
5. 要約	21
参考文献	22
附属文書 1. 技術審議会参加者	27
附属文書 2. 技術審議会 議題	29
附属文書 3. 利害関係の宣言	30

略語・略称一覧

AFSSET	Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail : フランス環境労働衛生安全庁
EEG	Electroencephalography : 脳電図
EMC	Electromagnetic compatibility : 電磁両立性
EMF	Electromagnetic field : 電磁界
GSM	Global System for Mobile Communications : 第二世代携帯電話の通信方式
HSP	Heat shock protein : 熱ショックタンパク
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection : 国際非電離放射線防護委員会
JEM	Job exposure matrix : 業務上ばく露マトリックス
NIEHS	National Institute of Environmental Health Sciences (USA) : 米国環境健康科学研究所
NTP	National Toxicology Program (USA) : 米国毒性プログラム
NRC	National Research Council of the National Academies (USA) : 米国アカデミー研究審議会
RF	Radiofrequency : 無線周波数
SAR	Specific absorption rate : 比吸収率
WHO	World Health Organization : 世界保健機関
WLAN	Wireless local area network : 無線構内通信網

1. はじめに

ラジオやテレビなど無線周波数（RF）送信を基盤とする通信技術は、幾十年間、幅広く利用されてきた。その一方で放送および RF 波受信に関して多数の新しい応用が行われ、いまや携帯電話などの RF 機器は至るところで使用されている状況である。それに伴い RF 電磁界への公衆のばく露が増加することから、それが人の健康へ及ぼす影響が、科学者および公衆にとって関心のある問題となっている。

このような関心に応えるため、この十年間にわたって重要な研究が精力的になされ、RF 電磁界の健康影響の可能性に関する数多くの具体的な疑問については、世界中の科学者が既に調査を行ってきた。それにもかかわらず、一層の研究が必要な領域がまだいくつか残されている。また、この分野の技術の急速な革新により、新しい疑問が次々と提起されつつある。

多年にわたって徐々に積もってきた社会的懸念は、いまや国および地方のレベルにおけるリスク管理に影響を与えつつあり、科学的な健康リスク評価を公衆が受け入れるか否かにも影響を及ぼしている。リスク管理は、このような懸念についての社会学的洞察と科学的知識の両方に根ざす証拠の上に確立される。したがって、本文書では、健康リスク評価に関連する基礎科学分野と公衆の懸念やリスクコミュニケーションに付随する社会科学分野の両方における具体的な研究ニーズを同定し、公衆衛生ニーズを満たす上での社会科学の重要性を強調する。

背景

電磁界（EMF）の健康影響を理解することは、世界保健機関（WHO）の環境保健分野に託された使命である。WHO は、加盟国が、安全で、持続可能で、健康の増進が図れる環境を獲得し、生物学的、化学的、物理的ハザードから国民を防護できるよう支援することを目的としている。このような背景のもと、広く見られるようになった EMF ばく露が健康に影響する可能性に対する一般的懸念に対処するため、1996 年に国際 EMF プロジェクトを立ち上げた。

国際 EMF プロジェクトの目的のひとつは、人に対する EMF の影響の研究を促進することである。これは、WHO の 6 つの中核機能の 1 つである「研究課題を具体化し、価値のある知識を生成、普及、および適用すること」に沿うものである。証拠に基づく公衆衛生ガイドランスの作成に必須である、知識の欠落部分や情報を同定するために専門家を結集する貴重な機会が、WHO の人を招集する力により得られる。

WHO 国際電磁界プロジェクトは発足当初から、健康リスク評価を改善するために一層の研究が必要な知識の欠落部分を同定すること、研究資金を提供しそうな機関に対し、的を絞った研究プログラムを提示することを目標に活動している。1997 年に、WHO 国際電磁界プロジェクトは、EMF（電磁界）が人体に有害な影響を及ぼす可能性について、世界中での研究の促進と調整のための研究アジェンダを策定した。その後の数年間、RF 電磁界の研究アジェンダは定期的な見直しと改善を受けた。招請された学術的専門家からなる特別委員会での成果をもって重要な最終的更新が行われ、2006 年に公表された。

アジェンダの影響力

先の RF 研究アジェンダは、各国がこの分野の研究助成の優先順位の決定をするときの支援手

段となってきた。本文書の公表も、現在見直しが行われている研究計画にとって、同様に有用となることを目指している。2006年版で強調された数多くの研究主題についてはすでに取り組み、新たな証拠が公表されているため、更新が必要と考えられた。この目的のため、2010年2月、学術専門家からなる特別委員会がジュネーブで開催され、この研究アジェンダを作成した。これは、2006年版に置き換わるものである。

指針とする原則

WHOは、研究の実施に際して、倫理（CIOMS 2002; WMA 2008）および実験研究の正しい実施（OECD 2010）に関する基準を含めた、最良の研究手法をとるための現存基準を満たすよう奨励する。そのような基準は、研究品質の決定、管理、改善に適用されるべきである。

研究プロジェクトの品質

新しい研究が健康リスク評価および基準の策定に有用であるためには、その研究は科学的に高い品質であらねばならない。そのための要件は、明確に定義された仮説；測定可能な調査項目；疑問に対する答えが十分な統計的検出力を持つような標本サイズ；科学のおよび倫理的に正しい手法に反しないプロトコルの使用である。品質保証の手順はプロトコルに含まれるべきである。EMF健康影響研究の品質に関しては、以前に数年かけて詳細な議論が行われた（ICNIRP 2002; Monte Verità Workshop, 2005）。

研究データの利用し易さ

利用し易い公開データベースを通じて研究知見の報告、研究データの共有を行う際の説明責任と透明性に対する要求はますます増大しており（Pisani & AbouZahr, 2010）、また、政策策定に証拠を用いるようにとの要求も増大している。本文書で強調された研究の成果は、公開で利用可能とされること、また確固たる証拠の積み上げの促進につながる事が期待される。そのような証拠が、最終的には政策策定者の決定を支えるに十分な権威ある健康情報を提供する。

目的と対象

本研究アジェンダの目的は、公衆衛生に関連する分野の研究を推進することであり、特に以下のことが可能な分野を中心とする。

- 健康影響研究を進めることによって、科学的な不確かさを少なくできる。
- より良いリスクコミュニケーション法の開発によって、公衆の懸念に応答できる。

本文書は、(i) 健康影響研究に対するニーズ；(ii) 社会科学研究に対するニーズ、の二つのテーマから構成される。

今後の研究の計画と分析に関係する課題を全て含めながら、現在進行中の研究の概要を、健康影響研究の種類別に述べる。社会科学の研究主題も大きな重要性を持つ。その理由は、公衆のリスク認知をより良く理解すること、RF関連の健康問題についてより効果的なコミュニケーションを図ることに対するニーズがあるからである。より良いリスクコミュニケーション戦略の開発を目的とする将来の研究にとっては、これらが特に重要な分野に思われる。

本文書は、研究者および研究資金提供機関に利用してもらうことを意図して出版する。研究者

には、健康リスク評価およびリスクコミュニケーションにとって価値の高い研究を行うためのガイドとしてこのアジェンダを利用することを勧める。研究資金提供機関および主要な協力機関には、労力の無用な重複を最小化し、かつ大規模研究計画の効果を最大化するように調整して、研究アジェンダに取り組む資源全体の連携をとることを勧める。

範囲

この研究アジェンダは、100 kHz から 300 GHz までの周波数範囲の公衆衛生関連問題の研究優先順位を述べる。研究主題の大多数は無線通信周波数へのばく露から生じる健康影響に関するものである。携帯電話／コードレス電話、無線データ通信網、アセットトラッキングや RFID、無線電力伝送、生体イメージング／スキャナなど新しい RF 技術の多くは、これまでにない RF 変調を採用しているため、特に関心をもたれる。

本文書は、一般公衆および労働者のばく露をカバーしているが、医療を受けている患者は含まない。測定法および電磁両立性（EMC）に関連する研究主題も範囲外である。

この研究アジェンダは、IARC と WHO が今後の 2 年間で遂行することになっている重要な、ハザード／健康のリスク評価に先行して作成された。より完全な健康リスク評価を実施し、その評価を公衆に効果的にコミュニケーションするための短期的および長期的な研究ニーズの同定に焦点を当てる。

2. アジェンダ作成の手順

RF 電磁界研究アジェンダの出版までのプロセスを以下に述べる。

最初に、WHO の技術審議会 (Technical Consultation) の参加者を援助するため、非公表の予備的文書が作成された。また技術審議会開催前に、国際非電離放射線防護委員会による最近の RF 研究レビュー (ICNIRP 2009)、各国当局 (AFSSET 2009; NRC 2008) および国際機関 (EMF-NET 2009; SCENHIR 2009) から公表されている研究ニーズのリスト、現在進行中の研究の概要書が参加者に配布された。2010 年 2 月 9-10 日、スイスのジュネーブで、研究の推奨リスト作成のための技術審議会が開催された。

研究優先順位決定のプロセス

優先順位決定するためのプロセスを以下に述べる。

1. 研究の選択肢リストの作成 (研究領域別)

研究アジェンダを公式に作成する専門家グループ (後述参照) を援助するために、研究の選択肢となる可能性のあるものをリストに纏めるためのサーベイが行われた。このサーベイは、幅広いバックグラウンドと見識をもつ、研究者個人を含めた様々な利害関係者に意見を求めることにより、全てを包含することを確保することを目標にした。国際 EMF プロジェクトの国際諮問委員会 (IAC) のメンバーは、各自の国の専門家リストの作成に協力した。このリストの約 400 名の専門家は、2009 年の 11 月と 12 月に、サーベイに回答記入し、研究についての自分の推奨を提出するよう求められた。受け取った 88 件の回答には、200 項目以上の研究ニーズが含まれていた。それらは、前もって定義されていた、以下に示す研究分野にしたがって纏められた。

- 疫学
- ヒトでの研究
- 動物での研究
- 細胞での研究
- 相互作用のメカニズム
- ドシメトリーおよびばく露評価
- 社会科学

各自が挙げた研究選択肢については、その根拠を示すよう要求されていたが、多数の研究主題は、同一あるいはほとんど同じであると見なされ、1 つに纏められた。

2. 専門家の招集と文書のコンテキストの明確化

RF 研究の今後の優先順位を確定するため、19 名の専門家で構成される専門家グループ (付録 1 参照) が集合した。文書のコンテキストは、規模 (世界規模)、標的とする人口集団 (一般公衆および労働者)、調査期間 (短期および長期の両方) に関して正式に定義された。個々の研究活動は、以下の二つに分類された。

- 優先順位の高い研究ニーズ：現在の科学的情報には著しい不確かさがあるが、その不確かさの減少に役立つ、知識の重要な欠落を埋めるための研究、および健康リスクコミュニケーションを大きく改善するための研究。
- その他の研究ニーズ:RF 電磁界ばく露がどのように健康および公衆の健康懸念に影響するかをよりよく理解するための研究。このような研究によって、健康リスク評価とリスクコミュニケーションに有用な情報が与えられる。

3. 優先順位決定のためのクライテリアの確定

優先順位決定のためのクライテリアは、会議の冒頭で正式に確定された（付録 2 参照）。

- 公衆衛生への関連性（科学的関心、公衆の懸念、ばく露の関連性）
- 知識の欠落を埋める可能性
- 科学的適切さ（研究デザインおよび研究方法）
- 実行可能性（研究費用、倫理的問題、時間的規模）

専門家の選出

WHO は、参加した専門家の専門的品質と独立性、およびその選出プロセスの透明性に大きな価値を置いている。科学的、専門的卓越性に加えて、多様で相互補完的な科学的バックグラウンドを備え、性別や地域をバランスよく代表する専門家達となる必要性を WHO は考慮に入れる。また、国内または国際的学術組織でのこれまでの経験や参加は望ましいことである。

専門家は、学術的な専門家個人として、単独で、参加を招請された。彼らは、自国の政府または彼らが属する組織の代表ではない。会議への参加を任命された専門家は WHO から報酬を一切受け取ることはなかったが、旅費と必要最低限の経費には WHO が全面的責任を負った。会への参加に先立って、選出された専門家は、技術審議会の議題に関連する全ての利害関係を申告することを要求される（付録 3 参照）。加えて、全参加者は、他の参加者との間で議題と関連した対立があれば全て公表することも要請された。

3. 健康影響研究のニーズ

本章は、それぞれの研究活動が人の健康リスク評価において持つ重みにしたがって、疫学、ヒトでの研究、動物での研究、細胞での研究、相互作用のメカニズムの順で構成されている。疫学およびヒトでの研究が人の健康に関する調査項目に直接に取り組むのに対し、細胞および動物での研究は、因果性や生物学的もつともらしさの評価において価値を持つと認定された。ドシメトリーは別個のものと思なされたが、全ての研究にとって重要である。

3.1 疫学

疫学研究は、人口集団におけるばく露と疾病発生に直接取り組むことから、健康リスク評価において第一に重要なものである。研究アジェンダ 2006 において同定された研究を含め、RF EMF の健康影響についての多数の疫学研究は、現時点で完了しているか、または進行中である。最も重要な研究には、以下のものがある。

- *罹患率と死亡率のデータを含む、携帯電話ユーザに関する大規模前向きコホート研究*

COSMOS コホート研究には、5 つの国（デンマーク、フィンランド、オランダ、スウェーデン、英国）が含まれている。この研究では、特定の症状（頭痛や睡眠障害など）の頻度の時間的経過における変化の他に、がん、良性腫瘍、神経学的疾患および脳血管疾患のリスクを評価する予定である。この国際コホート研究は、約 250,000 人を数値目標に、欧州の携帯電話ユーザの健康追跡を意図しており、参加者の募集が進められている（2010 年 2 月現在）。ほとんど全ての症例 - 対照研究は脳腫瘍に取り組んでいるが、コホート研究はその他の脳関連疾患や他の疾患を調査できる潜在力をもつ。長期にわたる研究計画の中で、携帯電話の技術や使用における変化を捉えることも可能である。この研究は、高い優先順位をもって、長期的なリスクの可能性の評価を達成するために妥当な追跡期間（最短でも 10-15 年間）を終えるまで継続されるべきである。

- *携帯電話の使用に関連した小児の脳腫瘍リスクに関する大規模な国際症例対照研究（実行可能性研究を先行して実施する）*

この主題には、次の二つの研究がすでに取り組んでいる。

CEFALO 症例対照研究は、デンマーク、ノルウェー、スウェーデン、スイス、英国で実施され、2004～2008 年の調査期間における携帯電話使用に関連した 7～19 歳の小児の脳腫瘍リスクを調査している。研究結果は、2011 年に公表される予定である。

MOBI-KIDS 研究は、国際的に研究センターを置き、若年者の脳腫瘍リスク因子を調査する国際症例対照研究である。13 カ国、5 年間の調査期間にわたり、脳腫瘍を発症した 10～24 歳の若年者約 2,000 人と脳腫瘍を発症していない同様の集団に対し、調査への参加を要請する予定である。準備段階が終わった後、2010 年後半に募集が開始される見通しである。

- *INTERPHONE*

頭蓋内腫瘍と耳下線腫瘍に関するこの国際症例対照研究は、2001 年から 13 カ国で実施された。国別分析および国際的分析の結果はすでに何件か公表され、神経膠腫と髄膜腫に関する全体分析も最近公表された（INTERPHONE Study Group, 2010）。全体分析では、10

年以上の携帯電話使用に伴う神経膠腫と髄膜腫のリスク上昇は示されなかった。次のような場合について、神経膠腫のリスク上昇が示唆された：(a) 腫瘍と同じ頭側での携帯電話使用を申告した対象者の中で、累積通話時間が最高カテゴリーのサブグループにおいて、

(b) 側頭葉の腫瘍に関して。バイアスと誤差のため、因果関係の解釈はできなかった。それでもなお、これらの知見はさらに精査する必要性を示しており、近々着手される前向きコホート研究においても評価されるであろう。INTERPHONE 研究データの今後の詳しい分析には、脳腫瘍リスクを、脳の様々な部位における携帯電話からの電界強度推定値との関連で評価することが含まれるべきである。

ばく露の誤分類、想起バイアス、選出バイアスなど症例対照研究における誤差の発生源に関する妥当性研究が INTERPHONE 研究と連係して行われた。このような研究の結果は、INTERPHONE 研究のデータのみならず、同様の他の研究結果の解釈にも役立つものである。しかし、INTERPHONE 研究のデータの大きさや本来的な誤差発生源を考えると、自己申告ばく露データを用いた、成人の脳腫瘍の症例対照研究をさらに行うことに正当性はないことが示唆される。

これらの大規模な研究以外に、より小規模な症例対照研究が複数の国で実施されている。脳腫瘍研究のメタ分析がいくつか既に公表されている(例えば、Ahlbom ら 2009; Hardell ら 2008; Kan ら 2008; Lahkola, Tokola & Auvinen 2006; Myung ら 2009)。これらメタ分析は、含めた研究に相違があり、それが各メタ分析の全体的結果に影響している。しかし、ほとんどのメタ分析が個別研究の結果に異質性があることを指摘した。これは研究方法と手順の差異に起因する可能性があるが、このような不一致は、携帯電話使用の自己申告に依存した症例対照研究に本来的に付随する不確かさを強く示している。

携帯電話基地局および他の送信器からの遠方界による全身ばく露に関する疫学研究は、ドイツの調査プログラム(<http://www.emf-forschungsprogramm.de/>)で既に実施され、スイスの調査プログラム(http://www.nfp57.ch/e_index.cfm)で進行中である。これらの研究は、安寧度および非特異的な不健康症状に焦点を当て、より信頼できるばく露推定値を得るために個人用ばく露計を用いている。これまでに公表された結果 (BfS 2008) では、このような日常環境におけるばく露の影響は示されていないが、長期的研究は依然として不足している。

優先順位の高い研究ニーズ

・ 行動および神経学的障害、がんを含めた影響に関する小児および青年の前向きコホート調査。

根拠: 小児と青年に関する調査はこれまでほとんど実施されておらず、小児期および青年期は脳が発達中であるため RF-EMF の影響をより受けやすいかという疑問は未解決である。また、小児はより低年齢で携帯電話使用を開始している。もし、妊娠前または妊娠中から追跡を開始した母子の大規模コホート研究が存在すれば、合理的な低コストで RF 発生源を研究の構成要素に追加することは可能であろう。小児の場合、携帯電話の課金記録は妥当でないので、ばく露データの前向き収集が必要である。神経心理学的研究に関しては、携帯電話の使用が原因でなされた運動および神経心理的技量の「訓練」と、RF 電磁界の影響との識別がひとつの課題である。今後の研究で、この課題に取り組む努力がほしい。いずれにせよ、研究は、複数の調査項目、携帯電話の技術や使用状況の変化またはワイヤレス・ラップトップのような他の RF EMF ばく露などの調査が可能となるような、長期的計画にする必要がある。

- ・十分に確立された人口集団ベースがん登録を利用した脳腫瘍発生率トレンドのモニタリング研究（可能であれば、人口集団のばく露データを連結させること）。

根拠:仮に携帯電話使用に関連した十分に大きなリスクがあるならば、十分な品質のデータ・ソースにおいて、それが観察されるはずである。そのような経時的変化は、直ちに、比較的安価に実行できる。人口集団データを分析する最新の統計学的手法により、ばく露頻度の変化と脳腫瘍発生率との関連を見ることは可能であり、もし高品質のサーベイランスデータが利用可能であれば、人口集団レベルでの他の疾患の発生率との関連についても調査可能である。もし個人データに基づく先行研究にはばく露評価と参加に欠点があったとするならば、生態学的研究には、そのような限界を補って余りある利点があるであろう。

その他の研究ニーズ

- ・神経学的疾患の症例対照研究、ただし条件として、客観的なばく露データと交絡因子データが入手可能であり、妥当な参加率が達成される場合に限る。

根拠:アルツハイマー病やパーキンソン氏病などの神経学的影響は、生物学的もつもらしさににおいて脳腫瘍と同等かもしれないし、リスク上昇は公衆衛生上大きなインパクトをもつであろう。この研究は、早期の警報的サインを示す可能性があり、すれについては、その後の前向きコホート研究において精査することができる。神経学的疾患の経時的変化の分析もまた早期の警報的サインとして役立つかもしれない。しかし、十分な品質の症例対照研究が実行可能か否かを明らかにするための実行可能性研究が必要である。

3.2 ヒトでの研究

成人を対象にした多数の誘発研究が実施されてきた。全般的に、初期の誘発研究で示された RF EMF の認知成績への影響は、最近のより高品質な誘発研究において再現されていない。したがって、これらの調査項目をさらに研究することの優先順位は高くない。これとは対照的に、GSM 信号を使用した最近の誘発研究は、脳機能、特に睡眠時 EEG (脳電図) と安静時 EEG (例えば、van Rongen ら 2009) に対する影響を報告している。これらの研究は、これまでのところ、まずまずの一貫性を示している。このような生物学的影響の健康そのものに対する意味合いは不明であるが、記録された変化と特定の健康影響との関連は一切示されていない。脳に対する RF EMF の影響可能性の基礎となる神経的なプロセスを明らかにすることが重要である。

小児を対象とした調査は、次のように、研究アジェンダ 2006 において優先順位が高いと同定されていた：

- ・倫理的な承認が得られる場合は、実験室で RF 電磁界にばく露した小児において、認知機能および EEG に対する急性影響を調査すべきである。

今日まで、そのような研究は数件あるのみである。

自身はRF/EMF/EMFばく露のせいであると考えている健康上の症状を報告する人¹について、高品質の誘発研究がいくつか最近報告されている。これらの研究の結果は、そのような個人が経験する症状とRF/EMF/EMFばく露との間に何らの関連も示していない。それでも、このような状態の原因と治療についてさらに研究することは、社会医学的な広い意味で価値があるであろうし、後述する社会科学の章においても推奨される。

優先順位の高い研究ニーズ

• さまざまな年齢の小児を対象とした RF/EMF 誘発研究の一層の推進

根拠:現在の研究は主として青年期に焦点が当てられている;それより年少の小児における影響の可能性はほとんど分っていない。長期的にさまざまな年齢で検査を行うこと(例えば、現在進行中のコホート研究に参加している小児を調査するなど)が推奨される。この研究は、生活様式など潜在的交絡因子の影響の検討を可能にするであろう。

• 睡眠時および安静時 EEG を含む脳機能への RF の影響可能性の基礎となる神経生物学的メカニズムを突き止めるための誘発研究

根拠:一連の脳イメージング法を利用して、これらの影響の確証を得る研究も含まれる。また、職業ばく露中に起こるような高度ばく露レベルにおける閾値や量反応関係(もしあるとすれば)を調べる研究も含まれる。

その他の研究ニーズ

同定なし。

3.3 動物での研究

動物での研究は、ヒトでの研究が倫理的でない場合や実際的でない場合に行われる。たとえ長期的なばく露であっても実験条件を制御できる利点がある。

次のように、研究アジェンダ 2006 において優先順位が高いと同定されていた：

- 機能的、形態学的、分子的な調査項目を用い、*CNS* の発達と成熟、ならびに造血および免疫システムの発達に対する RF 電磁界ばく露の影響を未成熟な動物で調査する研究。遺伝毒性の調査項目も含める必要がある。実験プロトコルには、胎児期および/または出生後の早期における RF 電磁界へのばく露を含める必要がある。

胎児期の急性ばく露に関するいくつかの研究、および多世代に関する 1 つの研究 (例: Lee ら 2009; Ogawa ら 2009; Sommer ら 2009) では、動物の生殖能力と発達に対するばく露の有害な影響は見られなかった。ただし、幼若動物に対するばく露の影響の研究 (Kumlin ら 2007) で、成体の行動学的成績のいくつかの測定項目の一つで若干の改善が見られた。胎児期および出生後の早期におけるばく露の影響に関するその他の研究は、ドイツ、フランス、およびイタリアで実施中である。

¹ EMF に対する敏感さを一般に電磁過敏症 (EHS) と称する。環境因子に対する敏感さについては、さらに一般的な用語である特発性環境不耐症 (IEI; すなわち原因不明の環境不耐症の意) (WHO 2005) を用いる。

RF 電磁界ばく露による発がん作用の可能性は、げっ歯類での古典的バイオアッセイ、遺伝的疾患素因をもつ動物、補発がん作用の研究を含む、多数の長期的動物研究で調べられてきた。少数の例外はあるが、これらの研究は発がん作用の証拠を示さなかった (Juutilainen ら 2010)。米国環境健康科学研究所 (NIEHS) と米国毒性プログラム (NTP) が資金提供して米国で実施する大規模研究は、マウスとラットを使用し、子宮内、新生仔期、幼若期、および成体期のばく露を含め、がんに関連する調査項目と関連のない調査項目の両方を調べる予定である。研究結果は 2014 年に利用可能になると期待されている (NTP 2009)。それを受けて、動物での大規模長期がん研究をさらに実施する必要性について再評価されるはずである。

研究アジェンダ 2006 以降、ばく露システムの設計と特性は、特に動物の自由行動用ばく露システムにおいて、大きな改善がなされた。今後の実験は、適切なドシメトリと統計学的分析、さらに十分な統計学的検出力、盲検的研究設計、適切な擬似ばく露を含めることが決定的に重要である。

優先順位の高い研究ニーズ

• 発達と行動に対する出生後早期および胎児期の RF ばく露の影響

根拠:胎児期および出生後早期の RF EMF ばく露がその後の発達と行動に及ぼす影響に関する情報は依然として不足している。このような研究が重要とされる理由は、小児による携帯電話使用の広がり、無線 LAN などその他の RF 発生源へのばく露の増大、成人の脳波に対する RF EMF の影響の報告などである。比較的高い比吸収率 (SAR) レベルで、携帯電話に部分的 (頭部のみ) にばく露することについては、一層の研究が必要である。

• 加齢と神経変性疾患に対する RF ばく露の影響

根拠:加齢に関連する疾患、特に、アルツハイマー病 やパーキンソン氏病など脳の神経変性疾患の罹患率はますます高まり、重要な公衆衛生学上の課題である。携帯電話の使用により、必然的に、脳が RF EMF に繰り返しばく露されることになる。最近の研究は、この種のばく露がトランスジェニックマウスモデルでのアルツハイマー病に影響を及ぼす可能性を示唆した (Arendash ら 2010)。神経変性疾患に対する RF EMF の影響可能性の研究は数件が進行中であるが、より完全にこの主題を調査するために、一層の研究が必要である。

その他の研究ニーズ

• 生殖器官に対する RF ばく露の影響

根拠:男性の生殖能力に対する携帯電話 RF EMF の影響可能性に関して利用できるデータには一貫性がなく、その研究品質やばく露評価に弱点がある。生殖能力のインビボ研究は、男性と女性の両方への影響を検討する必要があり、また内分泌系の発達と機能に対する RF EMF の影響を含めた広範な関連調査項目を調べる必要がある。

3.4 細胞での研究

生体組織、生体細胞、および無細胞系を用いた研究は、健康リスク評価において裏付けの役割を果たす。細胞モデル系は、メカニズムの仮説のもっともらしさを調べる、または RF EMF ばく露が既知の生物学的機能と協働作用する能力を調べるのにふさわしい。細胞での研究は、RF EMF に対する明確な反応を突き止める可能性を有するので、新規に使われる RF 信号の影響可能性のスクリーニングとして利用できる。

次のように、研究アジェンダ 2006 において優先順位が高いと同定されていた：

- 最近報告された、低レベル (2 W/kg 未満) および/または特定の変調信号または間欠的信号による HSP および DNA 損傷の知見についての独立的な再現研究。SAR レベルと周波数に対する影響の依存性を含める必要がある。

RF の遺伝毒性、遺伝子および蛋白質発現に対する影響の研究はすでに多数実施されている。その中には、熱ショック蛋白質 (HSP) の発現とリン酸化 (Hirose ら 2007; Lee ら 2006; Valbonesi ら 2008; Vanderwaal ら 2006)、コメットアッセイを用いた DNA 損傷—大半は陰性の結果 (Sakuma ら 2006; Sannino ら 2009; Speit, Schutz & Hoffmann, 2007; Stronati ら 2006; Valbonesi ら 2008; Zhijian ら 2009) に対して推奨された再現研究も含まれている。他の研究は公表が待たれている。中国のある研究グループは、DNA 損傷のバイオマーカーとして鋭敏度が高くかつ迅速な指標となるガンマ H2AX を用いて、細胞内 DNA に対する RF EMF の影響が細胞の種類に依存するか否かを調べている (Zhang ら 2006)。

- 細胞分化 (例えば、骨髄内での造血過程)、および脳スライス/培養神経細胞を用いた神経細胞の成長に対する RF の影響の研究。

細胞分化に対する RF EMF の影響の研究で完了したものはほとんどないが、培養神経細胞を用いた研究はある (Buttiglione ら 2007; Del Vecchio ら 2009; Joubert ら 2007 & 2008)。RF EMF ばく露後の神経細胞の分化に関する数件の研究が、イタリアとドイツで進行中である。

研究が適切に実施され、厳格な統計学的手法が用いられているならば、原理的には、スループットの高い手法 (「研究対象+omics」という名称を持つ生物学の研究分野) を用いることは電磁界ばく露の標的を突き止めるのに役に立つに違いない (例えば、Blankenburg ら 2009; McNamee & Chauhan 2009)。しかし、公表されている多くの研究は、十分な実験の反復、再現性、より高精度の定量的尺度を用いた検証が欠けていることから、技術的に不完全である。さらに、どの変化の大きさも通常は小さいものであり、解釈が困難である。これらの課題が解決されれば、RF EMF の影響可能性の探索において、スループットの高い手法を利用することは優先順位が高くなる可能性がある。

優先順位の高い研究ニーズ

同定なし。

その他の研究ニーズ

- **新技術に利用される RF 電磁界へのばく露、および環境的因子と RF EMF の共ばく露の後に生じる細胞の反応を検出するために最適な実験的検査法の明確化**

根拠: 過去 15 年間、携帯電話の周波数/信号へのばく露の影響、または化学的、物理的因子と RF EMF との共ばく露の影響を調べたインビトロ研究は多数公表されている。得られた結果が一致せず、矛盾しているのは、細胞の種類と研究手法が非常に多様であることが主な原因である。新技術に利用される新しいタイプの RF 信号、および環境的因子(特に毒性効果が疑われる因子)と RF EMF の共ばく露の毒性の可能性をスクリーニングするため、感度が高く、十分に一致化された細胞および分子的手法を開発する必要がある。このスクリーニング手法が広く受け入れられ、適用されるようにするため、この研究は複数の研究センターで実施されるべきである。

- **遺伝的背景と細胞型の影響に関する研究の一層の推進:アーチファクトおよび/またはバイアスの影響を受けにくい、新たな高感度の手法を用いて、多様な細胞型に対する携帯電話の RF ばく露の影響可能性を調べる。**

根拠: RF が特定の亜集団細胞または細胞型に影響する可能性が提起されているため、特定の細胞型での反応、例えば胚細胞での反応 (Gyz ら 2004; Franzellitti ら 2010) の陽性の結果の評価には、より厳密で定量的な手法を用いる必要がある。これらの研究には、幹細胞および遺伝的背景が変更された細胞など多様な細胞型を含める必要がある。

3.5 メカニズム

RF 電磁界の健康影響として認められているのは、温度上昇が原因で生じるものである；温度上昇が原因でない生体効果を、非熱的影響と定義する。ただし、実際的には、温度上昇の有無の判定は困難なことが多い。今日まで、これに代わる、相互作用のメカニズムは明らかにされていない (Sheppard, Swicord & Balzano 2008; Valberg, van Deventer & Repacholi 2007)。

研究アジェンダ 2006 では、優先順位の高い研究ニーズ、その他の研究ニーズの同定はなかった。

最近の研究短報によれば、1GHz 付近の搬送波周波数を用いたインビトロの細胞において、非線形応答 (これがあれば、変調された RF 信号復調の可能性が示唆されるが) は起きなかった (Kowalczyk ら 2009)。

優先順位の高い研究ニーズ

同定なし。

その他の研究ニーズ

同定なし。

3.6 ドシメトリ

ヒト、細胞および動物での実験研究の設計と解釈において、ドシメトリによる評価は決定的に重要である。疫学研究におけるばく露評価方法の開発ならびに検証にとっても必要不可欠である。またドシメトリは、製品の安全性やばく露ガイドライン遵守の評価方法を提供し、また、

リスクコミュニケーションに用いるための、他と比較したばく露データを示す。

ばく露は、一致のとれた方法論を用いて評価されなければならない。単一発生源から生じるばく露にのみを考えるのではなく、複数の発生源からのばく露を検討することが必要である。今後、複数発生源からのばく露評価を可能とするために、種々のタイプの RF 発生源に特異的なばく露情報は適切に広く知らされる（例えば、印刷物、ウェブ）必要がある。

次のように、研究アジェンダ 2006 において優先順位が高いと同定されていた：

- *複数の発生源からの複合ばく露を含め、急速に変化している無線通信の利用パターンおよび生体の様々な部位のばく露（特に小児と胎児）を記述するための研究が必要である。*

新しく登場した発生源からのばく露およびばく露シナリオに関して、いくつかの研究が公表され（Foster ら 2007; Martinez-Burdalo ら 2009）、その他は進行中である。複数の発生源について多数のシナリオを想定することは可能であるが、公表された研究は、一定の代表的なシナリオを定義して評価しており、全般として、ばく露ガイドラインとの関連でみると、複合的ばく露は問題が小さいことを見出した（Schmid ら 2007a & 2007b）。身体/頭部に近接させて保持される携帯電話（または同様な出力をもつ別の装置）の状況は特殊な高ばく露条件であり、身体近くに他の発生源が存在することにより、携帯電話などの機器近傍の局所 SAR がはっきりの分かるほどに変化するとは思われない。ヒト、動物、インビトロのばく露システムの設計においてもドシメトリ研究は活発である。インビトロばく露システムには、技術の革新を背景として応用可能になった、生きている細胞の画像化も含まれる。

- *様々な年齢の子供および妊婦のドシメトリモデルに関する研究の一層の推進。適切な温度制御反応モデルと結合させた動物および人体における RF エネルギー吸収のドシメトリモデルの改善（例えば、内耳、頭部、眼球、躯幹、胚、胎児）。*

様々な年齢と性別のファントムモデル家族が現在は利用可能であり（Christ ら 2010a; Lee ら 2010）、様々な年齢の子供、妊婦と胎児における SAR 分布について多様な研究が公表されている（Christ ら 2010b; Dimbylow & Bolch 2007; Dimbylow, Nagaoka & Xu 2009; Uusitupa ら 2010）。様々な妊娠段階での SAR 分布のモデル化など、さらに詳細な研究も数カ国で推進されている。血液灌流モデルを含め、マクロおよびミクロの熱研究も数カ国で進行中である。ミリメートル以下の距離での温度上昇を含め、細かな解剖学的構造が検討されている（Schmid, Uberbacher & Samaras 2007; Schmid ら 2007c）。現在の無線通信で用いられる波形では、そのような小さな距離で意味のある温度の変動は見いだされておらず、SAR の平均化に用いられている質量 10 g の適切性が示された（Hirata & Fujiwara 2009）。もし、将来のガイドラインにおいて制限されるべき物理量として温度上昇が含まれると考えるならば、この分野の研究の推進は、より高い優先順位を持つであろう。

- *“その他”の研究ニーズとして、マイクロドシメトリ研究（例えば、細胞レベル）は、生物学的に当を得たばく露の標的に関して、新しい洞察を引き出す可能性がある。*

研究は全く振るわない状態であるが、その理由は、おそらく、非熱的レベルの生物効果が再現されないことが続いているためであろう。仮に、そのような効果が見出されれば、マイクロドシメトリ研究は、その効果の理解に重要な役割を果たすかもしれない。

職場でのばく露および特定の製品の基準遵守の実証用の設備や方法を進展させるための研究と開発も活発である。世界の様々な地域における規制の要求によって、この二つの分野の研究は奨励され続けている。

優先順位の高い研究ニーズ

- 新規および新興の RF 技術を対象にした RF EMF 放射の特性、ばく露シナリオとばく露レベルの評価；確立した技術の利用が変化した場合に関しても、同様に評価すること。

根拠: 研究は、携帯電話／コードレス電話、無線データ通信網、アセットトラッキングと RFID、電力の無線伝送、生体画像法／スキャナの各分野における最新の開発に取り組む必要がある。また、複数の発生源からのばく露の複合的影響の可能性についても考慮する必要がある。この研究により、新しい装置／シナリオによるばく露を、より親しみのある装置／シナリオによるばく露やばく露ガイドラインと比較することが可能になり、リスクコミュニケーションに役立つ。またこの知識は、疫学研究や生物学的ばく露システム的设计におけるばく露評価にとっても価値がある。

- 広範な RF 発生源からの個人ばく露の定量化および一般人口集団のばく露の決定要素の明確化。

根拠: 広範な RF 発生源からの個人のばく露の定量化は、リスクの評価とコミュニケーションにとって、また今後の疫学研究の進展にとって、価値のある情報を提供する。来るべき WHO 健康リスク評価を考慮すれば、この研究は世界的なばく露評価として特に有用である。この研究は、ばく露レベルとその支配的な寄与因子が時間的経過により変化することを同定するためのベースライン・データを提供する。ユーザの人口学的側面の影響、およびばく露が生じたマイクロ環境の影響を同定するために、サブグループ分析を実施する必要がある。ばく露指標を、特に人体装着装置による局所ばく露と全身ばく露を組み合わせさせた場合について、検討する必要がある。

その他の研究ニーズ

- RF 労働者の個人ばく露のモニタリング

根拠: 労働者においても公衆においても、主に新興の技術開発が原因でばく露パターンは継続的に変化する。しかし、労働者は、身体のエネルギー吸収が非常に高くなるような産業用発生源およびばく露状況に遭遇する。RF 労働者に関する疫学研究を実施する際には、労働者の RF ばく露を的確にモニターすることが必須である。この種のばく露の評価に必要な的確な測定手段が無いという問題を解決するために、例えば、様々な周波数と波形の測定に適した携帯用装置などの新しい機器が必要である。加えて、今後の疫学研究のために、RF 労働者の個人ばく露のモニタリングに関する実行可能性研究が必要である。RF ばく露を特徴として業務を指定した業務上ばく露マトリクス (JEM) が作成されれば、今後の疫学研究は実施され易くなるであろう。

4. 社会科学研究的のニーズ

無線通信技術からのRF電磁界による健康悪影響の可能性についての公衆の懸念は、メディアおよび公開の政策討論会において一向に衰えず続いている。これが、リスク管理および科学的な健康リスク評価の公衆による受容に影響を与えている。リスク管理は、科学的なリスク評価と、公衆の懸念を系統立てて調査する社会科学から得られる洞察の両方を裏付けとして築き上げられるべきである。リスクコミュニケーションはこのプロセスの中核である。しかし、科学研究の結果というものは、本来、決定的なものというより、条件付きのものである。公衆や政策策定者は健康影響に関する最終的決定を研究結果に求めがちであるが、どのような研究であっても、単独の研究結果はそれに対して限定的な寄与を提供しようとしている。生物医科学と政策との連携におけるこのような一般的課題が、RFリスクコミュニケーションを複雑にしており、社会科学で補完する陣容の必要性を強調する。

研究アジェンダ2006において、多くの社会的課題が強調された。そこで同定された研究主題のいくつかは、以下の要約のように取り組まれてきた。

- *公衆の懸念に対するプレコーショナリ対策、および任意または政策での採用の影響評価*

主に研究されたのは、プレコーショナリ的アプローチの自覚が公衆の懸念の弱小化または増強化の効果を持つか否かという疑問である。この疑問に取り組んだいくつかの研究グループは、プレコーショナリ的アプローチは、リスク認知の弱小化よりむしろ増強化の傾向があると示唆した (Barnett ら 2007 & 2008; Schutz, Wiedemann & Clauberg 2007; Timotijevic & Barnett 2006; Wiedemann & Schutz 2005; Wiedemann ら 2006)。社会的視点からのプレコーション概念の科学的考察は、Hom ら(2009) および Stilgoe (2007) の研究に見られる。

- *公衆および利害関係者を参加させるプログラムの各国での成功に関する評価*

公衆および利害関係者を参加させるプログラムの厳密な評価は同定されていないが、いくつかの公表された事例研究は、基地局設置問題を巡る意思決定プロセスへの公衆の参加(またはその欠如)の結果を分析している (Drake 2006; Law & McNeish 2007)。これらの研究、およびやや理論的論文 (Hom, Moles Plaza & Palmen 2009) の核心的主題は、公衆の反応を合理性のないものと見なすことは有益でないということであり、公衆の反応についてさらに精密化した分析が必要である。しかし、Wiedemann & Schutz (2008) の実験的研究は、情報提供と参加を進めることが必ずしも基地局設置プロセスの受け入れを大きくする方向へと転換させることはないことを示した。

- *個人のリスク認知の研究、これにはRFばく露と健康の関連についての信念や認知の形成に関する研究が含まれる。*

2006年以降に公表されたこの分野の研究は、EMFをハザードの例にとり、リスクに対する反応の根底にある心理学的プロセスを研究したものと見なすべきである。Siegrist, Keller & Cousin (2006)は、EMFに対する反応における感情の重要性を実証した。Siegrist, Cousin & Frei (2008)は、素人のリスクの評価と専門的リスク評価が何故異なるのか、その理由の説明に有用なバイアスを明らかにした。例えば、リスクを示した研究の方が、

リスクを示さなかった研究より信頼区間が幅広い。また、リスク推定値が事前態度と同等である場合の方が、事前態度と違いがある場合より信頼区間が幅広い。最後に、Whiteら(2007)は、誰をリスクターゲットとするか(例えば、自分自身、他者、または子供)によってリスク推定値が変動することを研究した。最も明白な結果として、送受話器の規制を好ましく思うか否かは、他者に対するリスクの認知、また自身に対する便益の認知によって予測されることを実証した。

科学と社会の進展を考慮すれば、以下の社会科学的研究主題が現在、重要と考えられる。以下に述べる研究は全て必要で、特別な優先順位はない。

• **RF EMF 関連の健康懸念と健康リスク認知の決定要素と精神的原動力の研究。**

根拠:リスク認知に関連する一般的要素について知識がある一方、EMF リスク認知に特異的な決定要素について分っていることはずっと少ない。EMF リスク認知とは、人々が EMF 技術をどのように考えるか、新しい情報をどのように選択、処理し、反応するかということである。このような問題に関する知識によって、政策策定者は、人々の RF EMF 健康リスクの認知により良く取り組むための対策を講じることができるようになる。特に、懸念が個人レベルで時間の経過とともにどのように発生し、変化するかを明らかにするために、一層の研究が必要である。これまでに利用可能な研究によれば、RF EMF 技術による健康リスクを懸念する人々の割合は、ここ数年、一定なことが示されているが、これが個人レベルにおいて事実であるか否かは分っていない。このため、全体としての懸念を解決するために適切な対策を講じることが困難となっている。したがって、リスクコミュニケーションおよびリスク管理の戦略の意味合いから、リスク認知のパターンを時間的に変化させる要素を長期的にモニタリングする研究は価値があるであろう。

• **RF EMF ばく露の健康影響の科学的証拠およびリスク情報についての公衆とのコミュニケーションの様々な形式の効果の研究**

根拠:公衆は科学的証拠を相当に誤解することを明示する格好になることがしばしばある。特に、それが RF EMF ばく露を伴う事例であり、潜在的な健康ハザードの決定的な証拠が欠けている場合にみられる。公衆が自らの健康と安全について、適正な情報に基づきバランスの取れた判断と決定を下すことができるように、情報の提供方法を改善することが重要である。情報の提供過程において、公衆のものの見方を系統立てて考慮に入れなくてはならない。RF EMF ばく露の健康影響の証拠の特徴を説明し、要約するための新しい手法を、コミュニケーションの視点から系統立てて開発しなければならない。人々の懸念とリスク認知:健康への脅威を管理する能力;科学者、リスクコミュニケーター、当局への信頼などを考察することによって、コミュニケーションの様々な形式を経験的に評価する必要がある。

- **RF EMF による健康リスクの公衆の認知が公衆の安寧度に影響を与えるか、どのように与えるかの研究**

根拠: 多数の適切に実施された実験室研究によれば、ある人々が経験する健康上の症状と RF EMF ばく露との間にいかなる関係も示されていない。今のところ、RF EMF に対する認識上の過敏症は、影響を受けている人々とその人が生活する社会にとって関心のある問題にとどまっている。認識上の RF EMF 過敏症に影響を与える可能性のある心理学および心理社会的過程を解明するために、一層の研究を実施する必要がある。また、症状を軽減する可能性のある介入研究もさらに行う必要がある。WHO は、この認識上の電磁過敏症を特発性環境不耐症の形態にひとつと見なしている (WHO 2005)。その理由は、電磁過敏症は、低レベルの環境因子へのばく露に関連するその他の疾患とよく似ているからである。したがって、研究は、その他の環境因子と比較した過敏性反応の研究へと広がる可能性がある。

- **より大きな社会的背景における RF EMF 技術の取り扱いに関する研究。**

根拠: 最近の数件の研究は、公衆の懸念の多次元で相互に関係する特性を、携帯電話技術の科学および社会的観点との相互依存性とともに記述した (例えば、Bickerstaff, Simmons & Pidgeon 2007; Law & McNeish, 2007; Moore & Stilgoe 2009; Wiedemann & Schutz, 2008)。様々な利害関係者がどのように RF 技術に取り組んできたかに目を向けることにより、この相互依存性を調べることができる。そのような研究には、特定の RF 技術の歴史と背景、規制、安全対策およびメディア報告、またはこの分野において、どのようにして科学と政策の連携を進展させたかを国別に比較することなどが含まれるであろう。

5. 要約

RF 研究アジェンダ推奨事項	
健康影響研究	
	疫学
優先順位	行動および神経学的障害、がんを含めた影響に関する小児および青年の前向きコホート調査
高い	十分に確立された人口集団ベースがん登録を利用した脳腫瘍発生率トレンドのモニタリング研究(可能であれば、人口集団のばく露データを連結させること)
その他	神経学的疾患の症例対照研究、ただし条件として、客観的なばく露データと交絡因子データが入手可能であり、妥当な参加率が達成される場合に限る。
	ヒトでの研究
高い	さまざまな年齢の小児を対象とした RF EMF 誘発研究の一層の推進
高い	睡眠時および安静時 EEG を含む脳機能への RF の影響可能性の基礎となる神経生物学的メカニズムを突き止めるための誘発研究
	動物での研究
高い	発達と行動に対する出生後早期および胎児期の RF ばく露の影響
高い	加齢と神経変性疾患に対する RF ばく露の影響
その他	生殖器官に対する RF ばく露の影響
	細胞での研究
その他	新技術に利用される RF 電磁界へのばく露、および環境的因子と RF EMF の共ばく露の後に生じる細胞の反応を検出するために最適な実験的検査法の明確化
その他	遺伝的背景と細胞型の影響に関する研究の一層の推進: アーチファクトおよび/またはバイアスの影響を受けにくい、新たな高感度の手法を用いて、多様な細胞型に対する携帯電話の RF ばく露の影響可能性を調べること。
	メカニズム
	なし
	ドシメトリ
高い	新規および新興の RF 技術を対象にした RF EMF 放射の特性、ばく露シナリオとばく露レベルの評価; 確立した技術の利用が変化した場合に関しても、同様に評価すること。
高い	広範な RF 発生源からの個人ばく露の定量化および一般人口集団のばく露の決定要素の明確化
その他	RF 労働者の個人ばく露のモニタリング
社会科学研究	
NA	RF EMF 関連の健康懸念と健康リスク認知の決定要素と精神的原動力の研究
NA	RF EMF ばく露の健康影響の科学的証拠およびリスク情報についての公衆とのコミュニケーションの様々な形式の効果の研究
NA	RF EMF による健康リスクの公衆の認知が公衆の安寧度に影響を与えるか、どのように与えるかの研究
NA	より大きな社会的背景における RF EMF 技術の取り扱いに関する研究

参考文献

- AFSSET - Agence Francaise de securite sanitaire de l'environnement et du travail (2009). *Opinion of the French Agency for Environmental and Occupational Health Safety*. Concerning the update of the expert appraisal relating to radiofrequencies. Maisons-Alfort France (http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/838965561866129504705299558421/09_10_ED_Radiofrequencies_Avis_EV.pdf, accessed 20 May 2010).
- Ahlbom A et al. (2009). ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) Standing Committee on Epidemiology. Epidemiologic evidence on mobile phones and tumour risk: a review. *Epidemiology*, 20(5):639–652.
- Arendash GW et al. (2010). Electromagnetic field treatment protects against and reverses cognitive impairment in Alzheimer's disease mice. *Journal of Alzheimer's Disease*, 19(1):191–210.
- Barnett J et al. (2007). Public responses to precautionary information from the Department of Health (UK) about possible health risks from mobile phones. *Health Policy*, 82(2):240–250.
- Barnett J et al. (2008). Precautionary advice about mobile phones: public understandings and intended responses. *Journal of Risk Research*, 11(4):525–540.
- BfS - Bundesamt für Strahlenschutz (2008). *Ergebnisse des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms/German Mobile Telecommunication Research Programme (DMF) Bewertung der gesundheitlichen risiken des mobilfunks/health risk assessment of mobile communications (Stand 15.05.2008)*. Salzgitter (http://www.emf-forschungsprogramm.de/abschlussphase/DMF_AB.pdf, accessed 20 May 2010).
- Bickerstaff K, Simmons P, Pidgeon N (2007). Constructing responsibilities for risk: negotiating citizen-state relationships. *Environment and Planning A*, 40(6):1312–1330.
- Blankenburg M et al. (2009). High-throughput omics technologies: potential tools for the investigation of influences of EMF on biological systems. *Current Genomics*, 10(2):86–92.
- Buttiglione M et al. (2007). Radiofrequency radiation (900 MHz) induces Egr-1 gene expression and affects cell-cycle control in human neuroblastoma cells. *Journal of Cellular Physiology*, 213(3):759–767.
- Christ A et al. (2010a). The virtual family – development of surface-based anatomical models of two adults and two children for dosimetric simulations. *Physics in Medicine and Biology*, 55(2):N23–N38.
- Christ A et al. (2010b). Age-dependent tissue-specific exposure of cell phone users. *Physics in Medicine and Biology*, 55(7):1767–1783.
- CIOMS – Council for International Organizations of Medical Sciences (2002). *International ethical guidelines for biomedical research involving human subjects*. Geneva (http://www.cioms.ch/publications/guidelines/guidelines_nov_2002_blurb.htm, accessed 20 May 2010).
- Czyz J et al. (2004). High frequency electromagnetic fields (GSM signals) affect gene expression levels in tumor suppressor p53-deficient embryonic stem cells. *Bioelectromagnetics*, 25(4):296–307.
- Del Vecchio G et al. (2009). Effect of radiofrequency electromagnetic field exposure on in vitro models of neurodegenerative disease. *Bioelectromagnetics*, 30(7):564–572.
- Dimbylow P, Bolch WE (2007). Whole-body-averaged SAR from 50 MHz to 4 GHz in the University

- of Florida child voxel phantoms. *Physics in Medicine and Biology*, 52(22):6639–6649.
- Dimbylow PJ, Nagaoka T, Xu XG (2009). A comparison of foetal SAR in three sets of pregnant female models. *Physics in Medicine and Biology*, 54(9):2755–2767.
- Drake F (2006). Mobile phone masts: protesting the scientific evidence. *Public Understanding of Science*, 15(4):387–410.
- EMF-NET (2009). *Report on health effects of RF with recommendations for non-ionizing radiation protection and research needs*. Lyon (<http://web.jrc.ec.europa.eu/emf-net/doc/reports/Report%20on%20health%20effects%20of%20RF.pdf>, accessed 20 May 2010).
- Foster KR (2007). Radiofrequency exposure from wireless LANs utilizing Wi-Fi technology. *Health Physics*, 92(3):280–289.
- Franzellitti S et al. (2010). Transient DNA damage induced by high-frequency electromagnetic fields (GSM 1.8 GHz) in the human trophoblast HTR-8/SVneo cell line evaluated with the alkaline comet assay. *Mutation Research*, 683(1-2):35–42.
- Hardell L et al. (2008). Meta-analysis of long-term mobile phone use and the association with brain tumours. *International Journal of Oncology*, 32(5):1097–1103.
- Hirata A, Fujiwara O (2009). The correlation between mass-averaged SAR and temperature elevation in the human head model exposed to RF near-fields from 1 to 6 GHz. *Physics in Medicine and Biology*, 54(23):7227–7238.
- Hirose H et al. (2007). Mobile phone base station-emitted radiation does not induce phosphorylation of Hsp27. *Bioelectromagnetics*, 28(2):99–108.
- Hom AG et al. (2009). From precautionary inadequacy to participatory risk management. *Futures*, 41(5):260–268.
- Hom AG, Moles Plaza R, Palmen R (2009). The framing of risk and implications for policy and governance: the case of EMF. *Public Understanding of Science Online*, (doi:10.1177/0963662509336712).
- ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (2002). General approach to protection against non-ionizing radiation. *Health Physics*, 82(4):540–548.
- ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (2009). Exposure to high frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (100 kHz-300 GHz). Oberschleissheim (Publication ICNIRP 16/2009), (<http://www.icnirp.de/documents/RFReview.pdf>, accessed 20 May 2010).
- INTERPHONE Study Group (2010). Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *International Journal of Epidemiology*, 2010 39: 675-694 (doi:10.1093/ije/dyq079).
- Joubert V et al. (2007). No apoptosis is induced in rat cortical neurons exposed to GSM phone fields. *Bioelectromagnetics*, 28(2):115–121.
- Joubert V et al (2008). Apoptosis is induced by radiofrequency fields through the caspase-independent mitochondrial pathway in cortical neurons. *Radiation Research*, 169(1):38–45.
- Juutilainen J et al. (2010). Experimental studies on carcinogenicity of radiofrequency radiation in animals. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, in press.
- Kan P et al. (2008). Cellular phone use and brain tumor: a meta-analysis. *Journal of Neuro-Oncology*, 86(1):71–78.
- Kowalczyk C et al. (2010). Absence of nonlinear responses in cells and tissues exposed to RF energy at

- mobile phone frequencies using a doubly resonant cavity. *Bioelectromagnetics*, In Press. (doi:10.1002/bem.20597)
- Kumlin T et al. (2007). Mobile phone radiation and the developing brain: behavioral and morphological effects in juvenile rats. *Radiation Research*, 168(4):471–479.
- Lahkola A, Tokola K, Auvinen A (2006). Meta-analysis of mobile phone use and intracranial tumors. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 32(3):171–177.
- Law A, McNeish W (2007). Contesting the new irrational actor model: a case study of mobile phone mast protest. *Sociology*, 41(3):439–456.
- Lee C et al. (2010). The UF family of reference hybrid phantoms for computational radiation dosimetry. *Physics in Medicine and Biology*, 55(2):339–363.
- Lee HJ et al. (2009). Lack of teratogenicity after combined exposure of pregnant mice to CDMA and WCDMA radiofrequency electromagnetic fields. *Radiation Research*, 172(5):648–652.
- Lee JS et al. (2006). Radiofrequency radiation does not induce stress response in human T-lymphocytes and rat primary astrocytes. *Bioelectromagnetics*, 27(7):578–588.
- Martinez-Burdalo M et al. (2009). FDTD assessment of human exposure to electromagnetic fields from WiFi and bluetooth devices in some operating situations. *Bioelectromagnetics*, 30(2):142–151.
- McNamee JP, Chauhan V (2009). Radiofrequency radiation and gene/protein expression: a review. *Radiation Research*, 172(3):265–287.
- Monte Verita Workshop (2005). EMF Health Risk Research. Lessons learned and recommendations for the future. *Monte Verita, Switzerland, 20–24 November 2005* (<http://www.itis.ethz.ch/mv/>, accessed 20 May 2010).
- Moore A, Stilgoe J (2009). Experts and anecdotes: the role of “anecdotal evidence” in public scientific controversies. *Science, Technology, & Human Values*, 34:654–677.
- Myung SK et al. (2009). Mobile phone use and risk of tumors: a meta-analysis. *Journal of Clinical Oncology*, 27(33):5565–5572.
- NRC – National Research Council of the National Academies (2008). Committee on Identification of Research Needs Relating to Potential Biological or Adverse Health Effects of Wireless Communications Devices. *Identification of research needs relating to potential biological or adverse health effects of wireless communications*. Washington, DC, National Academy Press, (<http://www.nap.edu/catalog/12036.html>, accessed 20 May 2010).
- NTP – National Toxicology Program (2009). *Cell phone radiofrequency radiation studies*. Research Triangle Park, NC (<http://www.niehs.nih.gov/health/docs/cell-phone-fact-sheet.pdf>, accessed 20 May 2010).
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2010). *Good laboratory practice*. Paris (http://www.oecd.org/department/0,3355,en_2649_34381_1_1_1_1_1,00.html, accessed 20 May 2010).
- Ogawa K et al. (2009). Effects of gestational exposure to 1.95-GHz W-CDMA signals for IMT-2000 cellular phones: lack of embryotoxicity and teratogenicity in rats. *Bioelectromagnetics*, 30(3):205–212.
- Pisani E, AbouZahr C (2010). Sharing health data: good intentions are not enough. *Bulletin World Health Organization*, 88: 462–466.
- Sakuma N et al. (2006). DNA strand breaks are not induced in human cells exposed to 2.1425 GHz band CW and W-CDMA modulated radiofrequency fields allocated to mobile radio base stations. *Bioelectromagnetics*, 27(1):51–57.

- Sannino A et al. (2009). Human fibroblasts and 900 MHz radiofrequency radiation: evaluation of DNA damage after exposure and co-exposure to 3-chloro-4-(dichloromethyl)-5-hydroxy-2(5h)-furanone (MX). *Radiation Research*, 171(6):743–751.
- SCENHIR – Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (2009). *Health effects of exposure to EMF*. Brussels (http://ec.europa.eu/health/archive/ph_risk/committees/04_scenihir/docs/scenihir_o_022.pdf, accessed 4 June 2010).
- Schmid G, Uberbacher R, Samaras T (2007). Radio frequency-induced temperature elevations in the human head considering small anatomical structures. *Radiation Protection Dosimetry*, 124(1):15–20.
- Schmid G et al. (2007a). Exposure of the general public due to wireless LAN applications in public places. *Radiation Protection Dosimetry*, 124(1):48–52.
- Schmid G et al. (2007b). Exposure caused by wireless technologies used for shortrange indoor communication in homes and offices. *Radiation Protection Dosimetry*, 124(1):58–62.
- Schmid G et al. (2007c). High-resolution numerical model of the middle and inner ear for a detailed analysis of radio frequency absorption. *Physics in Medicine and Biology*, 52(7):1771–1781.
- Schutz H, Wiedemann P, Clauberg M (2007). The public perception of precaution. *EMBO reports*, 8(7):612–613.
- Sheppard AR, Swicord ML, Balzano Q (2008). Quantitative evaluations of mechanisms of radiofrequency interactions with biological molecules and processes. *Health Physics*, 95(4):365–396.
- Siegrist M, Cousin ME, Frei M (2008). Biased confidence in risk assessment studies. *Human and Ecological Risk Assessment*, 14(6):1226–1234.
- Siegrist M, Keller C, Cousin ME (2006). Implicit attitudes toward nuclear power and mobile phone base stations: Support for the affect heuristic. *Risk Analysis*, 26(4):1021-1029.
- Sommer AM et al. (2009). Effects of radiofrequency electromagnetic fields (UMTS) on reproduction and development of mice: a multi-generation study. *Radiation Research*, 171(1):89–95.
- Speit G, Schutz P, Hoffmann H (2007). Genotoxic effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF) in cultured mammalian cells are not independently reproducible. *Mutation Research*, 626(1–2):42–47.
- Stilgoe J (2007). The (co-)production of public uncertainty: UK scientific advice on mobile phone health risks. *Public Understanding of Science*, 16(1):45–61.
- Stronati L et al. (2006). 935 MHz cellular phone radiation. An in vitro study of genotoxicity in human lymphocytes. *International Journal of Radiation Biology*, 82(5):339–346.
- Timotijevic L, Barnett J (2006). Managing the possible health risks of mobile telecommunications: Public understandings of precautionary action and advice. *Health, Risk and Society*, 8(2):143–164.
- Valberg PA, van Deventer TE, Repacholi M (2007). Workgroup report: base stations and wireless networks – radiofrequency (RF) exposures and health consequences. *Environmental Health Perspectives*, 115(3):416–424.
- Valbonesi P et al. (2008). Evaluation of HSP70 expression and DNA damage in cells of a human trophoblast cell line exposed to 1.8 GHz amplitude-modulated radiofrequency fields. *Radiation Research*, 169(3), 270–279.
- Vanderwaal RP et al. (2006). HSP27 phosphorylation increases after 45 degrees C or 41degrees C heat shocks but not after non-thermal TDMA or GSM exposures. *International Journal of*

- Hyperthermia*, 22(6):507–519.
- van Rongen E et al. (2009). Effects of radiofrequency electromagnetic fields on the human nervous system. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 12(8):572–597.
- White MP et al. (2007). Who reaps the benefits, who bears the risks? Comparative optimism, comparative utility, and regulatory preferences for mobile phone technology. *Risk Analysis*, 27(3):741–753.
- WHO – World Health Organization (2005). *Electromagnetic fields and public health. Electromagnetic hypersensitivity*. Geneva (Fact sheet No. 296) (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs296/en/index.html>, accessed 25 May 2010).
- WHO – World Health Organization (2006). *2006 WHO Research Agenda for Radio Frequency Fields*. Geneva (http://www.who.int/peh-emf/research/rf_research_agenda_2006.pdf, accessed 25 May 2010).
- Wiedemann P, Schutz H (2005). The precautionary principle and risk perception: experimental studies in the EMF area. *Environmental Health Perspectives*, 113(4):402–405.
- Wiedemann P, Schutz H (2008). Informing the public about information and participation strategies in the siting of mobile communication base stations: an experimental study. *Health, Risk & Society*, 10(6):517–534.
- Wiedemann P et al. (2006). The impacts of precautionary measures and the disclosure of scientific uncertainty on EMF risk perception and trust. *Journal of Risk Research*, 9(4):361–372.
- WMA – World Medical Association (2008). *WMA Declaration of Helsinki – Ethical principles for medical research involving human subjects*. Ferney-Voltaire (<http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>, accessed 25 May 2010).
- Zhang D et al. (2006). Effects of GSM 1800 MHz radiofrequency electromagnetic fields on DNA damage in Chinese hamster lung cells. *Chinese Journal of Preventive Medicine*, 40(3):149–152.
- Zhijian C et al. (2009). Influence of 1.8-GHz (GSM) radiofrequency radiation (RFR) on DNA damage and repair induced by X-rays in human leukocytes in vitro. *Mutation Research*, 677(1–2):100–104.

付属文書 1. 技術審議会参加者

Dr Anssi AUVINEN

Professor of Epidemiology
Tampere School of Public Health
University of Tampere
33014 Tampere
FINLAND

Dr Rodney CROFT

Professor of Health Psychology
School of Psychology
University of Wollongong
Northfields Avenue, Wollongong
NSW 2522
AUSTRALIA

Dr Patrick HAGGARD

Institute of Cognitive Neuroscience
& Dept. Psychology
University College London
Alexandra House
17 Queen Square
London, WC1N 3AR
UNITED KINGDOM

Dr Heikki HAMALAINEN

Professor
Department of Psychology
Centre for Cognitive Neuroscience
University of Turku
20014 Turku
FINLAND

Dr Niels KUSTER

Director IT'IS Foundation
Zeughausstrasse 43
8004 Zurich
SWITZERLAND

Dr Isabelle LAGROYE

Laboratoire de bioelectromagnetisme
EPHE
Laboratoire IMS-UMR 5218,
Site ENSCBP
16 avenue Pey Berland
33607 Pessac cedex
FRANCE

Dr Alexander LERCHL

Professor of Biology
School of Engineering and Science
Jacobs University Bremen 28759
Bremen
GERMANY

Dr Simon MANN

Head of Physical Dosimetry
Health Protection Agency
Radiation Protection Division
Chilton, Didcot
Oxfordshire, OX11 0RQ
UNITED KINGDOM

Dr Carmela MARINO

Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente (ENEA)
Unit of Toxicology and Biomedical
Sciences
C.R. Casaccia
Via Anguillarese 301
00060 Rome
ITALY

Dr Georg NEUBAUER

Austrian Institute of Technology
GmbH
Safety and Security Department
2444 Seibersdorf
AUSTRIA

Dr Jorn OLSEN

Professor and Chair
Department of Epidemiology
School of Public Health, UCLA
650 Charles E. Young Drive
Los Angeles, CA 90095-1772
UNITED STATES

Dr Eric VAN RONGEN

Scientific Secretary
Health Council of the Netherlands
PO Box 16052
2500 BB The Hague
NETHERLANDS

Dr Martin ROOSLI

Head of the Unit for Environmental
Epidemiology
& Health Risk Assessment
Swiss Tropical and Public Health
Institute
University of Basel
4002 Basel
SWITZERLAND

Dr Richard SAUNDERS

Health Protection Agency
Radiation Protection Division
Chilton, Didcot
Oxfordshire, OX11 0RQ
UNITED KINGDOM

Mr Holger SCHUTZ

Institute of Neuroscience and Medicine
Research Centre Julich
52425 Julich
GERMANY

Dr Linda SONERYD

Research Director and Deputy
Director
Stockholm Centre for Organizational
Research (SCORE)
106 91 Stockholm
SWEDEN

Dr Danielle TIMMERMANS

Professor of Risk Communication
and Patient Decision Making
Department of Public and Occupational
Health
EMGO Institute for Health and Care
Research

VU University Medical Center

Van der Boechorststraat 7

1081 BT Amsterdam

NETHERLANDS

Dr Zhengping XU

Professor and director
Bioelectromagnetics Laboratory
Zhejiang University School of Medicine
388 Yuhangtang Road
Hangzhou, 310058
P. R. CHINA

Dr Gunde ZIEGELBERGER

The Federal Office for Radiation
Protection
Department of Radiation Protection
and Health
Ingolstadter Landstr. 1
85764 Neuherberg/Oberschleisheim
GERMANY

WHO Secretariat

Dr Emilie VAN DEVENTER

Team Leader, Radiation Programme
Unit of Interventions for Healthy
Environments (IHE)
Department of Public Health and
Environment (PHE)

Dr Maria NEIRA

Director
Department of Public Health and
Environment (PHE)

Mr Robert TERRY

Project Manager
Department of Research Policy and
Cooperation (RPC)

付属文書 2. 技術審議会 議題

WHO Headquarters - Geneva, Switzerland - Room M 505 9-10 February 2010

WHO Research Agenda for Radiofrequency Fields (2010) AGENDA

Tuesday 9 February

議長: E. van Deventer

- | | | |
|-------|---|------------------------|
| 9:30 | Welcome and introductions | M. Neira, Director PHE |
| 9:45 | Purpose of the meeting and expected outcome | E. van Deventer |
| 10:00 | Checklist for health research priority setting | R. Terry |
| 10:30 | Coffee break | |
| 11:00 | Discussion | |
| | Criteria for selecting research priorities | |
| | Review of draft document | |
| 12:30 | Lunch | |
| 13:30 | Breakout groups | |
| | Review of draft text regarding ongoing research | |
| | Ranking research priorities | |
| 15:30 | Coffee break | |
| 16:00 | Breakout groups (cont'd) | |
| 17:30 | Adjourn | |

Wednesday 10 February

議長: R. Saunders

- | | | |
|-------|--------------------------------|--|
| 9:00 | Plenary discussion | |
| | Reporting from breakout groups | |
| 10:30 | Coffee break | |
| 11:00 | Plenary discussion (cont'd) | |
| 12:30 | Lunch | |
| 13:30 | Plenary discussion (cont'd) | |
| | Steps forward | |
| | Conclusions, next steps | |
| 16:00 | Close of meeting | |

付属文書 3. 利害関係の宣言

技術審議会の参加者は、会合に先立って、利害関係の宣言に関する WHO の書面に記入した。会合の開始時に、すべての参加者は自らの利害関係の確認、および会合の主題に関係するあらゆる追加情報の提出を求められた。

下記の参加者は、以下に挙げた複数の商業組織との間に、現在または最近（3 年以内）、経済的利害関係があることを宣言した。

Kuster: Near-Field Technology AG、SPEAG AG、ZMT AG、
Imricor Inc. USA、MaxWave AG、Apple

何人かの参加者は、会合の主題に関する学術的な利害関係を宣言した。しかし、彼らは既にパネルの専門的知識の基盤を形成しているため、この関係は利益相反とは見なされなかった。

下記の参加者は、会合の主題に関する利益相反は一切ないと宣言した。

Haggard, Marino, Olsen, Rösli, Soneyrd, Timmermans

専門機関または政府機関に対する専門家または助言者としての自らの役割を考え、何人かの参加者は、会合の主題に関係する公式文書の作成に携わった経験があることを表記した。しかし、これらが会合の目的に対して利益相反になるとは見なされなかった。

会合の主題に関する利害関係の宣言に基づき、経済的および／または学術的利害関係の性質と程度を考慮して、下記の参加者は、研究の優先順位の設定を行った最終セッション、およびパネルに引き続き行われた研究推奨文書の最終版作成に参加しなかった。

Kuster

個人的または商業的な利害関係の宣言に基づき、会合への不参加を求められた専門家はいなかった。