

# 電波ばく露による生物学的影響に関する評価試験及び調査

## 平成21年度 海外研究動向調査報告書

平成22年3月

総務省

## 海外研究論文調査

## 目次

緒言.....	1
I 国際機関・各国専門機関の報告書等.....	3
II 研究動向.....	7
1 疫学研究.....	7
1.1 携帯電話使用と頭頸部のがん.....	7
1.2 無線基地局からの RF ばく露と体調不良.....	11
1.3 その他の疫学研究.....	12
2 ヒト実験室研究.....	13
2.1 電磁過敏症.....	13
2.2 脳機能・認識への影響.....	15
2.3 その他の影響.....	17
3 動物研究.....	19
3.1 催奇形性.....	19
3.2 神経学的影響.....	19
3.3 生理学的影響.....	23
3.4 行動学的影響.....	25
3.5 生殖能力への影響.....	26
3.6 その他の影響.....	30
4 試験管内研究.....	32
4.1 遺伝毒性.....	32
4.2 細胞の生育能力への影響.....	34
4.3 その他の試験管内研究.....	35
5 その他の研究.....	37

III	今後の研究課題.....	41
IV	参考文献.....	43
V	参考資料.....	53
1.	オランダ保健審議会 (HCN) 「電磁界に関する年次報告 2008」	
2.	環境疫学研究センター (CREAL、スペイン) 「通信技術と若年者の脳のがんに関する環境ばく露リスク因子」	
3.	国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) 「高周波電磁界 (100kHz-300GHz) ばく露の生物学的影響及び健康影響」	
4.	ICNIRP 疫学専門委員会 (Ahlbom 等) 「携帯電話と腫瘍リスクに関する疫学的証拠：レビュー」	
5.	ICNIRP 「『時間変化する電界、磁界及び電磁界によるばく露を制限するためのガイドライン (300GHz まで)』に対する ICNIRP の声明」	
6.	米国保健物理学会 (HPS) ファクトシート「携帯電話」	
7.	米国国家毒性学プログラム (NTP) ファクトシート「携帯電話の RF 放射に関する研究」	
8.	米国電気電子学会 (IEEE) ヒトと放射線に関する委員会 (COMAR) 「COMAR 技術情報声明：RF 電磁界の潜在的な健康影響に関する専門家レビュー及び BioInitiative 報告に対するコメント」	
9.	ユーリッヒ研究センター 「子供の健康と RF 電磁界ばく露」(Wiedemann 等)	
10.	デンマーク国家衛生評議会、フィンランド放射線・原子力安全庁、アイスランド放射線安全庁、ノルウェー放射線防護庁、スウェーデン放射線安全庁 「固定無線局からの公衆の RF ばく露に関する北欧当局の共同声明」	

## 緒言

電波の生体影響に関しては、過去半世紀に亘る研究蓄積があり、これらの知見に基づき我が国の電波防護指針が制定され、国民への過剰な電波ばく露を防止している。しかし、近年急速に普及しつつある携帯電話端末や無線 LAN の使用は、一方では国民誰もが電波の発信源を身近に有することに結びつく。これらの無線技術の発展には目覚ましいものがあり、国民生活の質の向上に貢献する一方で、急速に普及し発展する無線技術がもたらすかもしれない健康障害への懸念も存在している。この懸念は、我が国のみならず世界の先進諸国でも同様であり、欧米を中心に、電波、特に携帯電話端末使用と健康影響に関する研究が活発に行われている。そして、これらの研究を踏まえ、各国政府あるいはこれに準じる機関はレビュー報告を行っている。

我が国でも 1997 年（平成 9 年）より生体電磁環境研究推進委員会を発足させ、種々の研究を実施し、その研究結果を取りまとめて平成 18 年度末に総括報告を実施した。当然ではあるが、それ以降も国内外では継続的に研究が進められ、報告が行われている。

そこで、2009 年（平成 21 年）に投稿のあった海外の主要な研究文献や公表された公的機関の報告書および声明・見解を把握し、今後の生体電磁環境研究のあり方を検討するための一助として、国内外における電波の生体影響に関する研究の動向調査を行うと共に、今後の研究課題を提示したのでここに報告する。

## I 国際機関・各国専門機関の報告書等

- 1 オランダ保健審議会 (Health Council of the Netherlands (以下、「HCN」という。)) の電磁界委員会は 2009 年 3 月、電磁界に関する年次報告の 2008 年版[34]を公表した。今回の年次報告では、RF 電磁界が脳の活動に及ぼす影響力、及び、RF 電磁界ばく露と不特定の症状の発生との間の関連についてのこれまでの研究結果を評価し、RF ばく露の影響の存在に否定的な結論を示している。この年次報告の要旨抄訳を参考資料 1 として添付した。
- 2 環境疫学研究センター (Centre de recerca en epidemiologia ambiental (以下、「CREAL」という。)) は 2009 年 5 月、携帯電話等の通信技術と若年者の脳のがんに関する国際共同研究プロジェクト "Mobi-Kids" の概要[10]を公表した。この概要書の和訳を参考資料 2 として添付した。
- 3 国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) は 2009 年 7 月、「高周波電磁界 (100kHz - 300GHz) のばく露に関連するドシメトリ、生物学的影響、疫学的観察結果、及び健康影響についての科学的証拠のレビュー」と題する文書[36]を公表した。同報告書は、ICNIRP の各専門委員会 (疫学、生物学、物理学・工学) による RF 電磁界の健康影響に関する最新の科学的知見に関する評価を取りまとめたもので、国際がん研究機関 (International Agency for Research on Cancer (以下、「IARC」という。)) による発がん性評価報告書 (IARC モノグラフ : 2011 年公表予定) とあわせて、世界保健機関 (World Health Organization (以下、「WHO」という。)) による RF の健康リスク評価報告書 (環境保健クライテリア (Environmental Health Criteria (以下、「EHC」という。)) : 2013 年公表予定) の情報源として利用されることになっている。同報告書の全体的な結論は以下の通りである。
  - a 実験研究 : がん関連の影響については、最近の試験管内研究、ならびに遺伝毒性及び発がん性についての動物研究は全体としてやや一貫しており、4W/kg までの SAR レベルではそのような影響はありそうにないことを示している。細胞シグナル伝達や遺伝子/タンパク質発現といった遺伝毒性以外のエンドポイントに対する RF の影響に関する試験管内研究については、結果は更に両義的であるが、報告されている RF 放射による変化の度合いは非常に小さく、限られた機能的結果しか生じない。細胞の増殖及び分化、アポトーシス、ならびに細胞の

形質転換に関する研究結果は、ほとんどが陰性である。

- b 疫学研究：今日までの疫学研究の結果は、RF ばく露と何らかの健康への悪影響との間の因果関係についての一貫性や説得力のある証拠を示してない。他方で、関連性を排除するにはこれらの研究には欠点が多すぎる。

この文書の要旨抄訳を参考資料 3 として添付した。

4 ICNIRP の疫学専門委員会 (Ahlbom 等) は、「携帯電話と腫瘍リスクに関する疫学的証拠：レビュー」と題する文書[2]を公表した。同文書の主な結論は以下の通りである。

- a これまでに発表された研究は全体として、いずれの脳腫瘍またはその他の頭部腫瘍についても、約 10 年以内の携帯電話使用に関するリスク上昇を示していない。
- b 但し、幾つかの重要な手法上の問題（例えば、選択的非回答、ばく露の誤分類）が残っている。手法上の欠点と、長い潜伏期間及び長期使用に関するデータは依然として限定的であるものの、入手可能なデータとしては、少なくとも誘導期間が短い腫瘍については、携帯電話使用と成人の悪性神経膠腫のような成長が早い腫瘍との間の因果関係を示唆していない。髄膜腫や聴神経腫のような成長が遅い腫瘍、ならびに長期ユーザーの神経膠腫については、これまでのところ関連は報告されていないが、現在の観察期間が依然として短すぎるため、最終的なものではない。
- c 現時点では、子供及び若年者のばく露による潜在的発がん作用についてのデータが完全に欠落している。

この文書の和訳を参考資料 4 として添付した。

5 ICNIRP は、「『時間変化する電界、磁界及び電磁界によるばく露を制限するためのガイドライン（300GHz まで）』に対する ICNIRP の声明」と題する文書[37]を公表した。同文書の主な結論は以下の通りである。

- a 1998 年のガイドライン以降に公表された科学的文献は、基本制限以下では悪影響についての証拠を何ら提示しておらず、高周波電磁界のばく露制限に関するガイダンスを今すぐ改訂する必要性はない。
- b そのようなガイダンスの生物学的根拠は依然として、全身に対する穏やかな熱ストレスによる機能障害あるいは過剰な局所的加熱による組織の損傷といった

悪影響を回避することにある。

- c 非熱的な相互作用に関しては、その可能性の存在を反証することは原理的に不可能であるが、これまでに提案されてきた各種の非熱的メカニズムのもっともらしさは非常に低い。
- d 加えて、最近の試験管内及び動物の遺伝毒性、さらには発がん性研究はどちらかと言えば全体として一貫しており、低レベルのばく露ではそのような影響はありそうにないことを示している。ゆえに ICNIRP は、更なる注意すべき情報が得られるまでは、100kHz–300GHz の周波数帯における 1998 年の基本制限の妥当性を再確認する。

この文書の和訳を参考資料 5 として添付した。

- 6 電離及び非電離放射線の安全性に関する非営利の学術団体である米国保健物理学会 (Health Physics Society) は 2009 年 9 月、携帯電話の健康影響に関する見解をまとめたファクトシート[35]を公表した。主な結論は、「現時点で入手可能な証拠は、携帯電話使用または基地局 RF のばく露が脳のがんまたはその他の何らかの健康影響を誘発しないということを示している」というものである。このファクトシートの和訳を参考資料 6 として添付した。
- 7 米国保健社会福祉省 (Department of Health and Human services) に所属する国立衛生研究所 (National Institute of Health) の下部組織である国立環境衛生科学研究所 (National Institute of Environmental Health Sciences) 他が実施している「国家毒性学プログラム (National Toxicology Program)」は 2009 年 9 月、携帯電話 RF の健康影響研究に関するファクトシート[60]を公表した。本文書は、「科学的証拠の重みは、携帯電話と何らかの健康上の問題を決定的に結びつけていないが、更なる研究が必要」としている。また進捗状況として、パイロット研究：2009 年 11 月に完了、亜慢性毒性研究：2010 年前半に開始、慢性毒性・発がん性研究：2010 年後半に開始・2012 年に完了、データの査読・報告：2013–2014 年という見通しを示している。このファクトシートの和訳を参考資料 7 として添付した。
- 8 米国電気電子学会 (Institute of Electrical and Electronics Engineers (以下、「IEEE」という。)) の「ヒトと放射線に関する委員会 (Committee on Man and Radiation (以下、「COMAR」という。))」は、「COMAR 技術情報声明：無線周波電磁界の潜在的健康影響に関する専門家レビュー及び BioInitiative 報告 (BioInitiative



Report (以下、「BIR」という。)) に対するコメント」と題する文書[11]を公表した。同文書は、「携帯電話、無線基地局及びその他の多くの発生源から放射される RF 電磁界の潜在的な健康影響についての論評には、信頼性と有用性に相当のばらつきがある」ことから、「RF ばく露による潜在的な健康リスクに関する科学的情報源の品質を同定すること」を目的としている。特に、BIR に焦点を当て、「RF の生体影響に関する文献における科学的証拠の重みは、BioInitiative グループが勧告している安全限度を支持しない」と結論付けている。また、「IEEE の国際電磁界安全性委員会 (International Committee on Electromagnetic Safety (以下、「ICES」という。)) や ICNIRP といった国際機関が勧告しているばく露限度に基づいた政策を継続すること」を、公衆衛生当局に勧告している。この文書の BIR に関する項目の和訳を参考資料 8 として添付した。

- 9 ドイツ・ユーリッヒ研究センター (Forschungszentrum Jülich GmbH) は、「子供の健康と RF 電磁界ばく露」と題する報告書 (Wiedemann 等[79]) を公表した。WHO 国際電磁界プロジェクトの元責任者 M.Repacholi 等、電磁界の健康影響に関する各種研究分野の専門家を集めて、このテーマに関する既存の科学的証拠をレビューした結果を取りまとめたものである。同報告書は、「これまでに得られた科学的証拠は携帯電話及び基地局からの RF ばく露が子供の健康に悪影響を及ぼすということを示していない」と結論付けている。この文書の要旨抄訳を参考資料 9 として添付した。
- 10 デンマーク国家衛生評議会、フィンランド放射線・原子力安全庁、アイスランド放射線安全庁、ノルウェー放射線防護庁、スウェーデン放射線安全庁の各当局は 2009 年 11 月 16 日、「RF 電磁界の一般公衆のばく露」と題する共同声明[13]を公表した。この声明は、「現時点では通常の生活環境における強度の RF により生じる健康への悪影響についての科学的証拠はない、ということに同意する」と結論付けている。また、この声明は生活環境中にある固定無線局からの連続的な RF 放射に関するもので、携帯電話端末からの RF については、2004 年の声明が依然として有効であるとしている。この共同声明の結論部分の和訳を参考資料 10 として添付した。

## II 研究動向

本報告では、高周波電波（Radio Frequency（以下、「RF」という。）の健康影響に関連する 2009 年に報告された研究動向を把握するため、ドイツ・アーヘン大学付属病院生体電磁気相互作用研究センターが開設しているデータベース「EMF-Portal」（\*）を用いた文献検索を実施した。抽出された論文のアブストラクトを検討し、英文の査読付き専門誌に 2009 年に掲載され、10MHz－300GHz の RF による影響を扱っている疫学研究 11 編、ヒト実験室研究 14 編、動物研究 25 編、試験管内研究 11 編、その他の研究 9 編を選択した。

なお、本報告書において「携帯電話」とは携帯電話端末をいい、携帯電話基地局にかかわるものは「基地局」と表現している。

（\*）：EMF-Portal のアドレス <http://www.emf-portal.de/index.php>

### 1 疫学研究

疫学研究に関する文献 11 編のうち、携帯電話端末使用と頭頸部のがんに関する疫学研究に関する文献が 8 編（メタ分析 3 編及び論評 1 編を含む）、無線基地局からの RF ばく露と体調不良を扱った文献が 1 編、その他の疫学研究を扱った文献が 2 編であった。

#### 1.1 携帯電話使用と頭頸部のがん

(1) Han 等[30]は、携帯電話使用と聴神経腫のリスクについての症例対照研究 10 編及びコホート研究 1 編、ならびに、長期間の携帯電話使用と聴神経腫及びその他の脳腫瘍との関連についてのメタ分析 1 編の批判的レビューを実施した。ほとんどの研究では、聴神経腫の発症と携帯電話使用との間に関連は見られなかったが、症例を 10 年以上追跡した一部の研究では関連が見られた。症例対照研究 10 編のうち、定常的な携帯電話使用に関連する聴神経腫のオッズ比（odds ratio（以下、「OR」という。））は、0.5（95%信頼区間（confidence interval（以下、「CI」という。））=0.2-1.0）から 4.2（95%CI=1.8-10）の範囲であった。デンマークにおけるコホート研究では、携帯電話使用は聴神経腫のリスク上昇と関連していなかった。症例対照研究 3 編を含むメタ分析では、携帯電話を 10 年以上使用していた被験者は同側での聴神経腫の発症リスクが 2.4 倍高かった。Han 等は、「携帯電話使用についてのデータ取得に前向きアプローチを採用すること、ばく露の独立した評価を提示する過去の課金記録を入手すること、また、アンケートから得たその他の重要な潜在的リスク因子についての情報を組み合わせることにより、携帯電話が聴神経腫に及ぼすインパクトを評価するための研究の能力を顕著に高めることができる」と結論付けている。

(2) Hardell 等[31]は、スウェーデンにおける携帯電話及びコードレス電話使用と各種の脳腫瘍との関連についての1997-2003年に実施した2編の症例対照研究のデータを、特に使用開始時の年齢(20歳未満、20-49歳、50-80歳)と性別に着目して再分析した。この結果、携帯電話使用と星状細胞腫(悪性腫瘍)との関連については、10年超の使用でリスク上昇(全体:OR=2.7、95%CI=1.8-3.9;腫瘍と同側で使用:OR=3.3、95%CI=2.0-5.4)が見られた。また、20歳未満で使用開始した場合に特に高いリスクが見られた(全体:OR=5.2、95%CI=2.2-12;腫瘍と同側で使用:OR=7.8、95%CI=2.2-28)。携帯電話使用と聴神経腫(良性腫瘍)との関連についても同様に、10年超の使用(全体:OR=2.9、95%CI=1.6-5.5;同側使用:OR=3.0、95%CI=1.4-6.2)及び20歳未満での使用開始(全体:OR=5.0、95%CI=1.5-16;同側使用:OR=6.8、95%CI=1.4-34)について高いリスクが見られた。20歳未満での使用開始について見られたリスク上昇は、いずれも少ない症例数に基づいているが、Hardell等は「発育中の器官は発がん性因子に対して影響をより受けやすいことと、脳は20歳頃まで発育を続けることから、この結果は生物学的に重要である」としている。

(3) Hartikka 等[32]は、携帯電話の使用と、携帯電話電波に最もばく露される可能性のある脳の部位における神経膠腫のリスクとの関連を評価するため、携帯電話使用と頭頸部の腫瘍に関する国際症例対照研究“INTERPHONE Study”のフィンランドにおける被験者集団の一部を対象に、症例-症例分析を実施した。放射線学的画像撮影に基づき、最も可能性の高い携帯電話の部位である口と耳の外耳道を結ぶ線から4.6cm以内に腫瘍の中央点がある症例をばく露群、4.6cmを超える位置に腫瘍の中央点がある症例を対照群と定義した。定常的使用者では非使用者または非定常的使用者と比較して、腫瘍の中央点が4.6cm以内にある割合が若干高かった。携帯電話使用に関する複数の指標(累積通話時間、累積使用期間、携帯電話使用の側性)については、有意ではないORの上昇が観察されたが、ばく露勾配については観察されなかった。腫瘍部位と反対側での使用及び短期間の使用について、有意なOR上昇が観察された。Hartikka等は、「本研究の全体的な結果は、携帯電話使用と携帯電話の電波に最も強くばく露される可能性のある脳の部位における神経膠腫のリスクとの関連を示していない」と結論付けている。

(4) Khurana 等[41]は、携帯電話の長期使用と脳腫瘍発生リスクとの関連性を示す疫学的証拠を検証するため、査読付専門誌に掲載された、携帯電話を10年以上使用し

ている被験者を対象とし、携帯電話使用と脳腫瘍部位の側性分析を行っている 11 編の論文のメタ分析を実施した。この結果、10 年以上の携帯電話使用により同側での脳腫瘍の診断リスクが 2 倍に高まることを見出した。このデータは神経膠腫と聴神経腫については統計的に有意であったが、髄膜腫については有意ではなかった。Khurana 等は、「本研究でレビューした疫学及び実験室における所見が、携帯電話及び基地局の RF ばく露基準、ならびにこの技術の使用法及び展開について、各国政府が再評価する必要性を強調するものであると信じている。今後もこの疫学データが確認され続け、また適切で時宜に適った介入なしに、特に若い世代で携帯電話技術への世界的な依存が拡大し続けるならば、神経外科医は良性及び悪性の原発性脳腫瘍の増加を目にすることになるだろう。最新の統計報告で示されているように、この腫瘍の増加現象の最初期の観測が始まっている可能性がある」と結論付けている。

(5) Myung 等[58]は、携帯電話使用と腫瘍リスクとの間の関連についての症例対照研究 23 編（症例 12,344 人、対照 25,572 人）のメタ分析を実施した。この結果、23 編の研究全体の無作為効果型メタ分析では、携帯電話を全く、またはほとんど使用したことがない人々と比較して、悪性及び良性の腫瘍についての使用者全体の OR は 0.98 (95%CI=0.89-1.07) であった。但し、盲検法を用いた 8 編の研究についての無作為効果型メタ分析では、有意な正の関連（有害な影響）が観察された。一方、盲検法を用いない 15 編の研究についての固定効果型メタ分析では、有意な負の関連（防護的な影響）が観察された。10 年以上の携帯電話使用は、13 編の研究で腫瘍リスクと関連していた (OR=1.18、95%CI=1.04-1.34)。更に、調査方法の質ごとのサブグループ分析でも同様の結果が観察された（質が高い 10 編：OR=1.09、95%CI=1.01-1.18；質が低い 14 編：OR=0.85、95%CI=0.79-0.91）。盲検法及び調査方法の質は、研究グループと強く関連していた (Hardell 等のグループ：盲検法あり、質が高い；INTERPHONE Study グループ：盲検法なし、質が低い)。Myung 等は、「本研究では、バイアスの少ない症例対照研究のメタ分析から、携帯電話使用と腫瘍リスクの上昇を結びつける可能性のある証拠が認められた。より高いレベルの証拠を提供する前向きコホート研究が必要である」と結論付けている。

(6) Rothman[63]は、国際非電離放射線防護委員会 (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (以下、「ICNIRP」という。)) の疫学専門委員会による携帯電話と腫瘍リスクに関する疫学的証拠のレビュー (Ahlbom 等[2]参照) に関連して、以下の論評を示した。

- a 携帯電話のマイクロ波に関する疫学研究の実施には問題点が多いことが立証されている。対象となる疾病（神経膠腫、髄膜腫、聴神経腫、唾液腺種）はいずれも稀である。現在のがん症例の誘因となったかも知れないばく露は当時は少なかった。最大の課題はばく露評価である。携帯電話使用によるばく露は電話から僅か数 cm で生じるが、携帯電話の使用法は千差万別である。
- b 平均的な誘導期間が非常に長い発がん因子でさえ、因果関係があれば相当早い段階で若干のリスク上昇を生じるはずである。ゆえに、ばく露後の最初の 10 年間に影響が見られないということは、その後の期間にも拡張される意味合いを持っているはずである。
- c Ahlbom 等は、Hardell 等の研究とその他の研究の結果との間の差異について、単一の手法上の問題点を同定しなかった。著者らは、仮に手法上の些細な点が Hardell 等の研究とその他の研究との間の差異を説明できたとしても、より多くの情報がなければ、Hardell 等の研究を除外すべきか、他の研究を除外して Hardell 等の研究を残すべきかを知ることはできない。
- d 携帯電話からの非電離放射が、がん発症に及ぼす影響に関する最終的な評決がどうであれ、携帯電話使用による最も重要な健康影響は、集中力に関連する行動学的変化（例：自動車運転中の携帯電話使用による交通事故のリスク上昇）であるということ認識すべきである。

(7) Schoemaker 等[71]は、2001–2005 年の英イングランド東南部における携帯電話利用と下垂体腫瘍の発症リスクについて、地域住民集団に基づく症例対照研究（症例 291 人、対照 630 人）を実施した。携帯電話利用に関する詳細な情報は、個人への聞き取り調査によって収集した。この結果、腫瘍のリスクは携帯電話の使用全般とは関連性がなく（調整済みの OR=0.9、95%CI=0.7-1.3）、初回使用時から 10 年以上（OR=1.0、95%CI=0.5-1.9）、また 10 年以上の累積使用でも（OR=1.1、95%CI=0.5-2.4）検出可能な増加はなかった。累積通話件数の上位 1/4 では OR=1.2（95%CI=0.7-1.9）、累積使用時間の上位 1/4 で OR=1.1（95%CI=0.7-1.7）であった。アナログ及びデジタル携帯電話使用に関する個別の分析でも、腫瘍リスクとの関連性は見られなかった。Schoemaker 等は、本研究で観察した誘導期間及び使用強度に関しては、下垂体腫瘍の発症リスクが携帯電話の使用と関連しているという証拠は認められなかったと結論付けている。

(8) Schüz 等[72]は、1982–1995 年に最初に携帯電話を使用した 420,095 人についての大規模国家コホート研究の被験者を、中枢神経系 (central nervous system (以下、「CNS」という。)) の疾患の診断のため、病院との接触を通じて 2003 年に追跡調査した。このコホートにおける病院との接触件数を、デンマークの人口集団における期待値で除することで、標準通院率 (standardized hospitalizing ratio (以下、「SHR」という。)) を導出した。この結果、偏頭痛及び目眩 (めまい) についての SHR は 10–20%高かった。女性の筋萎縮性側索硬化症 (amyotrophic lateral sclerosis (以下、「ALS」という。))、多発性硬化症 (multiple sclerosis (以下、「MS」という。))、癲癇 (てんかん) についての関連は見られなかった。男性の痴呆 (アルツハイマー病、血管性及びその他の痴呆)、パーキンソン病及び癲癇についての SHR は 30–40%低かった。10 年またはそれ以上の契約者に限定した分析では、SHR は偏頭痛及び目眩については依然として同様に高いが、アルツハイマー病及びその他の痴呆 (男性) については、これまでと同様に低かった。他の SHR は 1 に近かった。Schüz 等は、本研究において観察された偏頭痛及び目眩の過剰は、更に注意を払うに値するとしている。健康なコホート効果と前駆症状による逆の因果関係のバイアスとの相互作用により、痴呆及びパーキンソン病との関連の可能性の検出が妨げられているとしている。また、健康なコホート効果を生じている因子の同定が、これらの疾患の病因の解明のための対象となるかも知れないと示唆している。

## 1.2 無線基地局からの RF ばく露と体調不良

Berg-Beckhoff 等[5]は、携帯電話基地局から放射される連続的な低レベルの RF ばく露が各種の体調不良と関連しているという仮説を検証するため、アンケート及びばく露評価に基づく調査を実施した。アンケートには合計 3,526 人が回答した (回答率 85%)。ばく露評価のため、異なる周波数の RF を測定するドシメータを用いた。全体として、携帯電話基地局からの RF の測定値は公衆の電磁界ばく露を制限するためのガイドラインよりも遥かに低かった。健康に関する 5 種類のアンケート (ピッツバーグ睡眠質指標 18 項目、頭痛インパクト試験 6 項目、心身不調リスト (von Zerssen list) 24 項目、SF-36 健康調査 36 項目、慢性ストレス 12 項目) のいずれについても、ばく露群 (平均電界強度 $>0.1\text{V/m}$ ) と非ばく露群 (平均電界強度 $<0.1\text{V/m}$ ) で違いはなかった。但し、被験者のリスク認知には違いが観察された。健康への悪影響を基地局に帰結させる被験者は、懸念を持たない被験者と比較して、睡眠障害及び体調不良を有意に多く報告した。著者らは、基地局からの RF の測定値は健康への悪影響と関連していなかったと結論付けている。

### 1.3 その他の疫学研究

- (1) Breckenkamp 等[6]は、ドイツにおける RF の職業的ばく露による健康リスクに関するコホート研究実施の可能性を調べた。RF に潜在的にばく露される作業員についての 20 の職業を設定、及びこれに加えて、アマチュア無線オペレータのコホートを検討した。専門家による割り当て、文献レビュー、及び著者らが事前に定義したクライテリア (判定条件) に基づき、このコホートのうち 3 つ (中波・短波放送局の技師、アマチュア無線オペレータ、誘導加熱シーラー作業員) を、更なる分析対象と特定した。分析後、誘導加熱シーラー作業員のコホートは、ばく露レベルは最も高いが、コホート利用可能なばく露作業員数が少ないことと、ばく露評価が困難 (ばく露は作業プロセスに強く依存する、また、プラスチック蒸気等に複合ばく露されるため) であることから、実施可能ではないと見られた。アマチュア無線オペレータのコホートの長所は、含まれる人数が多いことであり、放送局技師のコホートの長所は、過去のばく露評価の品質である。但し、アマチュア無線オペレータのコホートはばく露評価が限定的であること、放送局技師のコホートはこの職種の人数が少ないことが妨げになっている。このため Breckenkamp 等は、「RF にばく露される職業グループの大多数は、ばく露される被験者数が少ないか、ばく露レベルが一般公衆よりも僅かに高い程度であるため、職業コホートを構成するには実用的ではない」と結論付けている。
- (2) Deltour 等[19]は、デンマーク、フィンランド、ノルウェー及びスウェーデンにおける 1974-2003 年の神経膠腫及び髄膜腫の発症率の時間的傾向を、各国のがん登録データを用いて調査した。当該期間には、1,600 万人の成人集団内で 20-79 歳の男女 59,984 人が脳腫瘍と診断された。この結果、1974-2003 年に、神経膠腫の発症率は男性で年 0.5% (95%CI=0.2-0.8%)、女性で年 0.2% (95%CI=-0.1~0.5%) 上昇し、髄膜腫の発症率は男性で年 0.8% (95%CI=0.4-1.3%)、女性では 1990 年代前半以降に年 3.8% (95%CI=3.2-4.4%) 上昇した。携帯電話使用と脳腫瘍との間の関連についての 5-10 年の誘導期間に示唆があると思われた 1998-2003 年には時間的傾向に変化は観察されなかった。Deltour 等はこの知見の理由として、携帯電話使用と関連する脳腫瘍の誘導期間は 5-10 年以上である、この集団におけるリスク上昇は非常に小さくて観察できない、リスク上昇は脳腫瘍または携帯電話使用者の小集団に限定される、リスク上昇はない、のいずれかであろうとしている。

## 2 ヒト実験室研究

ヒト実験室研究に関する文献 14 編のうち、電磁過敏症 (electromagnetic hypersensitivity (以下、「EHS」という。)) を扱った文献が 5 編、脳機能・認識への影響を扱った文献が 6 編、その他の影響を扱った文献が 3 編であった。

### 2.1 電磁過敏症

(1) Dahmen 等[15]は、EHS の人々は共通する身体性の健康問題に苛まれているという仮説を立て、これを検証するため、EHS の人々及び対照群において、甲状腺刺激ホルモン (thyroid-stimulating hormone (以下、「TSH」という。))、アラニントランスアミナーゼ (alanine transaminase (以下、「ALT」という。))、アスパラギン酸トランスアミナーゼ (aspartate transaminase (以下、「AST」という。))、クレアチニン (creatinine)、ヘモグロビン (hemoglobine)、ヘマトクリット (hematocrit) 及び C 反応性タンパク質 (c-reactive protein (以下、「CRP」という。)) を含む一般的な身体性不調の同定、またはスクリーニングのために臨床医学で用いられている実験室での臨床的パラメータを分析した。EHS 患者 132 人 (男性 42 人、女性 90 人) 及び対照群 101 人 (男性 34 人、女性 67 人) を採用した。この結果、EHS 患者のうち少数だが注目に値する割合で、症状の潜在的な源として、甲状腺の機能不全、肝臓の機能不全、慢性的な炎症性プロセスの兆候が同定された。これらは更なる研究における調査に値する。TSH 及び ALT/AST については、症例群と対照群との間に有意差が認められた。EHS においては、貧血症または腎臓の機能不全が重要な役割を果たしているという仮説は、明白に論破された。Dahmen 等は、「自称 EHS の人々のケアの際には、治療可能な身体的状態の兆候をチェックすること」を推奨している。

(2) Eltiti 等[23]は、グローバル移動体通信システム (Global System for Mobile communication (以下、「GSM」という。)) (900–1800MHz) 及びユニバーサル移動体通信システム (Universal Mobile Telecommunications System (以下、「UMTS」という。)) (2020MHz) の基地局 RF の短期的ばく露 (10mW/m<sup>2</sup>、50 分間) が、EHS 群 (44 人) 及び対照群 (44 人) の被験者における注意力、記憶及び生理学的要素に影響するかどうかを調べた。被験者は 1 週間以上の間隔を空けて 4 つの検査セッション (ばく露前の基底測定、GSM RF ばく露、UMTS RF ばく露、偽ばく露) を実施した。認識機能は、数字シンボル置換え課題、数字間隔課題及び暗算課題を用いて測定した。また、被験者が認識課題を遂行中に、容積脈波、心拍及び皮膚のコンダクタンスを測定した。この結果、EHS 群及び対照群の被験者の認識課題遂行能力には基



底値との有意差はなく、認識機能は GSM または UMTS 基地局 RF の短期的ばく露に影響されなかった。EHS 群の被験者は対照群と比較して、認識課題遂行中の皮膚のコンダクタンスのレベルが有意に高かったが、これはばく露条件には依存していなかった。両群の容積脈波及び心拍には差はなく、ばく露の種類にも影響されなかった。

(3) Korpinen 等[42]は、携帯電話及びその他の電気機器の使用と関連付けられた自己申告の身体的症状（関節や背中痛み、睡眠障害、頭痛、耳の痛み、温感、皮膚の症状、うつ、仕事での激しい疲労、依存症、不安感）を評価するため、生産年齢（18-65 歳）の人口集団の男女を対象に、自由回答形式の質問票を用いた研究をフィンランドで実施した。更に、回答者を症状または関係する機器に基づいてサブグループに分類した。6,121 人の参加者のうち 1,300 人が自由回答形式の質問「技術と健康に関するその他の意見」に回答した。以下の 3 カテゴリーを同定した：(1) 携帯電話と関連付けられた各種の自己申告の症状を有する回答者、(2) コンピュータ画面の前に長時間留まる際に皮膚の症状に言及した回答者、(3) 携帯電話及びその他の電気機器の使用と関連付けられた何らかの身体的症状に言及した回答者。携帯電話及びその他の電気機器の使用と関連付けられた自己申告の身体的症状（カテゴリー(1)及び(2)）の全体的な有病率は 0.7%であった。

(4) Nam 等[59]は、CDMA 携帯電話の RF に対しては過敏であるが、超低周波（extremely low frequency（以下、「ELF」という。）に対しては過敏ではないと申告した EHS の被験者 18 人、及び EHS でない被験者 19 人について、CDMA 携帯電話の RF 局所ばく露（824.64-848.37MHz、最大出力 300mW、脳組織 1g 当たり平均 SAR 1.22W/kg、30 分間）が生理学的パラメータ（心拍、心拍変動、呼吸数）または自覚症状（発赤、かゆみ、温感、疲労、頭痛、めまい、吐き気、動悸、消化不良）に影響力を及ぼすかどうかを調べた。また、EHS の被験者は EHS でない被験者と比較して、RF ばく露と偽ばく露を区別する能力が高いかどうかを調べた。この結果、RF ばく露は EHS 群及び非 EHS 群のいずれに対しても、生理学的パラメータまたは自覚症状に影響しなかった。EHS 群は非 EHS 群よりも電磁界を感知する能力が高いという証拠は認められなかった。

(5) Rubin 等は、「電磁界に帰せられる本態性環境不耐性」(idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields（以下、「IEI-EMF」といい、当該論文では EHS と同じ意味で用いられている。)) のボランティアに電磁界をばく露ま

たは偽ばく露し、電磁界を検知できるかどうか、またはばく露時に症状の悪化を報告するかどうかを評価した盲検誘発研究のレビュー（2005）の更新版を報告した[64]。前回のレビューにおける 31 編に加えて、広範な文献レビューで 15 編の新たな研究を同定し、合計 46 編の盲検または二重盲検誘発研究（IEI-EMF のボランティア 1175 人）について、IEI-EMF の症状の誘発は電磁界ばく露のせいであるかどうかを調べた。その結果、この仮説を支持する確たる証拠は見つからなかったが、IEI-EMF 患者の急性症状の誘発における nocebo 効果の役割を支持していた。IEI-EMF 患者は自身の症状が電磁界ばく露によって誘発されると確信していたが、反復実験では管理環境下でこの現象を再現できなかった。Rubin 等は、「生体電磁気学的メカニズムに関する臨床医または政策決定者による狭い焦点では、長期的には IEI-EMF の患者を救済できそうにない」と結論付けている。

## 2.2 脳機能・認識への影響

(1) Abramson 等[1]は、「携帯電話の RF にばく露した使用者研究」（Mobile Radiofrequency Phone Exposed Users' Study（以下、「MoRPhEUS」という。）プロジェクトの一環として、断面的疫学研究により中学生の認識機能を調べた。メルボルン周辺の 20 の中学校から中学 1 年生 317 人（男子 144 人、女子 173 人、平均 13 歳）を募集した。参加者は INTERPHONE Study を基にしたばく露に関する質問票、コンピュータを用いた一通りの認識試験、Stroop colour-word 試験を実施した。主なばく露指標は、週当たりの携帯電話による音声通話の総件数とした。認識試験の反応時間及び精度に対して線形回帰モデルをフィットさせた。年齢、性別、民族、社会経済階層、利き手を共変数としてフィットさせ、学校ごとのクラスタリングについて標準誤差を調整した。携帯電話での音声通話をより多く申告した子供は、作業記憶の精度は低く、単純学習課題についての反応時間は短く、関連する学習反応時間は短く、精度は低かった。ばく露と信号の検知、運動のモニタリングまたは推定との間には、有意な関連はなかった。ストロープ課題の完了時間は、携帯電話での音声通話をより多く申告した子供の方が長かった。この知見は、週当たりのショートメッセージサービスの総件数についても同様であったことから、認識変化は RF ばく露によるものではなさそうであるということが示唆された。Abramson 等は、「全体として、携帯電話使用は高次認識課題に対して、より速い、より精度の低い反応と関連していた。これらの行動は、携帯電話の頻繁な使用を通じて学習されたものかも知れない」と結論付けている。

(2) Kwon 等[46]は、携帯電話の RF が事象関連電位 (event-related potential (以下、「ERP」という。)) の各種成分に及ぼす影響についての先行研究で、矛盾した結果が示されていることから、皮質性の聴覚刺激識別についての敏感な指標で、注意力及びその他の交絡要因に関係しない ERP の聴覚成分であるミスマッチ・ネガティブ (mismatch negativity (以下、「MMN」という。)) に対する RF ばく露の影響を調べた。健康な若い成人 (n=17) を対象に、GSM 携帯電話を片側の耳に保持し、RF (902MHz、パルス周波数 217Hz、SAR(1g) 1.14W/kg、SAR(10g) 0.82W/kg、ピーク SAR 1.21W/kg) をオンまたはオフにした状態で、一連の聴覚刺激の持続時間、強度、頻度、ギャップ変化に対する MMN 応答を記録した。この結果、MMN は全ての変数によって生じたが、その振幅と潜時には RF ばく露による有意差は見られなかった。Kwon 等は、「GSM 携帯電話の RF の急性ばく露が、MMN に反映される皮質性の聴覚変化検出プロセッシングに影響を及ぼすという決定的な証拠は示されなかった」と結論付けている。

(3) Kwon 等[47]は、最近開発した手法を用いて、携帯電話使用が子供の聴覚記憶に及ぼす影響を、11-12 歳の子供 17 人について調べた。この手法では、複数の種類の聴覚変化で構成される神経の変化検出プロファイルを決定できる。記録の際、902MHz (217Hz パルス) の RF を放射する通常の GSM 携帯電話を耳、左または右側頭部にあてがった (SAR (1g 平均) 1.14W/kg、SAR (10g 平均) 0.82W/kg、ピーク値 =1.21W/kg)。電磁界は単盲検法でオンまたはオフとした。この結果、携帯電話 RF の短期ばく露 (どちら側でも 6 分間×2 回) は、神経の変化検出プロファイルに統計的に有意な影響を及ぼさないことを見出した。Kwon 等は、「本研究の手法は、子供の認知精度及び感覚記憶の研究に適していることがわかった。但し、本研究は大きな影響の検出のための統計的パワーを有しているに過ぎないことに留意すべきである」と結論付けている。

(4) Kwon 等[48]は、GSM 携帯電話から放射される RF (902.4MHz、217Hz パルス) のばく露によって生じる可能性のある脳幹聴覚情報処理への影響について調査した。17 人の健康な若い成人について、基底値として携帯電話なし、その後に携帯電話を耳にあて、RF をオンまたはオフにした状態で、聴覚脳幹反応 (auditory brainstem response (以下、「ABR」という。)) を記録した。上記の各状態での、ABR の主要素 (I 波、III 波、V 波) の振幅、潜伏時間、及び波の間隔を比較した。この結果、ABR 波形にばく露による有意差は見られなかった。Kwon 等は、GSM 携帯電話の

RF の短期ばく露は、聴覚神経及び脳幹聴覚経路に沿って蝸牛から中脳に至る感覚刺激の伝達に影響を及ぼさないと示唆している。

(5) Mizuno 等[56]は、第 3 世代携帯電話システムがヒトの局所脳血流量 (regional cerebral blood flow (以下、「rCBF」という。)) に及ぼす影響を調べた。ヒト rCBF に対する W-CDMA 携帯電話システムからの RF ばく露と、偽ばく露による影響を比較した。9 人の健康な男性被験者について、30 分間の連続的な RF ばく露の前・最中・後に、陽電子放射断層撮影法 (positron emission tomography (以下、「PET」という。)) による走査画像を得た。この結果、電磁界ばく露条件では偽ばく露と比較して、rCBF に有意な変化は認められなかった。Mizuno 等は、「第 3 世代携帯電話からの RF はヒトの rCBF に影響を及ぼさないことが示唆される」と結論付けている。

(6) Parazzini 等[62]は、UMTS 携帯電話から生じる RF の短期的なばく露後のヒトの聴覚機能における潜在的变化を評価した「欧州 EMFnEAR プロジェクト」の結果を報告した。同プロジェクトには、聴覚または耳の疾患のない健康な若い成人が参加した。聴覚機能は、RF ばく露の直前及び直後に評価し、ばく露された耳だけを検査した。聴覚機能の評価のための検査項目は、聴覚閾値レベル (hearing threshold level (以下、「HTL」という。))、歪成分耳音響放射 (distortion product otoacoustic emissions (以下、「DPOAE」という。))、誘発耳音響放射 (transiently evoked otoacoustic emission (以下、「TEOAE」という。)) の反対側での抑制、及び聴覚誘発電位 (auditory evoked potentials (以下、「AEP」という。)) とした。ばく露は、片耳へのイヤフォンを介した通常の会話レベルでのスピーチ、及び、パソコンで制御した市販の携帯電話から発生させた RF 放射のばく露または偽ばく露とした。134 人の参加者から得られた結果からは、ばく露と偽ばく露を二重盲検法で比較したところ、最大出力で蝸牛領域における SAR が 69mW/kg の UMTS の 20 分間のばく露後の聴覚系への一貫した影響のパターンは示されなかった。高周波での聴覚閾値への孤立した影響が同定されたが、多重比較における調整後には、統計的に有意ではなかった。Parazzini 等は、「消費者向け携帯電話 UMTS の最大出力での短期ばく露は、ヒトの聴覚系に測定可能な即時的影響を生じない」と結論付けている。

## 2.3 その他の影響

(1) Atay 等[3]は、900–1800MHz の周波数で作動する携帯電話の RF が、最も一般的に携帯電話を保持する部位であるヒトの腸骨翼におけるミネラル濃度に及ぼす影

響を、150人の男性ボランティア被験者（平均31.85歳、21-57歳）を対象に調べた。被験者を腸骨側部でのRFばく露群（第1群）及び非ばく露群（第2群）に分けた。122人は自身の携帯電話を右側に、28人は左側の腸骨翼に保持した。日常の平均保持時間は14.7時間（12-20時間）、携帯電話の平均使用期間は6.2年（4-9年）であった。骨中ミネラル濃度は、全ての被験者の左右の腸骨翼において二重エネルギーX線吸収測定法を用いて測定した。この結果、同測定法による平均値は、ばく露群では非ばく露群よりも僅かに低かったが、両群間に統計的有意差はなかった（ $P>0.05$ ）。また、ばく露群の平均値は骨減少症または骨粗鬆症の症例における測定値ほど低くはなかった。Atay等は、「本研究のデータは、臨床の実践において腸骨の移植が必要な場合、携帯電話使用を考慮することが、より好ましいアウトカムのための重要な要素となるかも知れないことを示唆している」と結論付けている。

(2) Ghezel-Ahmadi等[27]は、EHS患者の症候における潜在的因子として検討されている重金属との関連についての仮説を検証するため、EHS患者132人（男性42人、女性90人）及び対照101人（男性34人、女性67人）について、血液中の鉛、水銀、カドミウム濃度を測定した。この結果、例外的な少数例においては重金属が何らかの役割を果たしているかも知れないものの、ほとんどのEHS患者では重金属による負荷は無関係であった。Ghezel-Ahmadi等は、「データは、EHSにおける重金属の解毒についての一般的助言を支持していない」と結論付けている。

(3) Goldwein等[28]は、先行研究で携帯電話と耳下腺腫瘍との間の相関が示唆されていることから、携帯電話が主に使用する側の耳下腺の近傍における生理学的変化（唾液の分泌率及び分泌された唾液中のタンパク質レベル）を生じるかどうかを評価した。50人のボランティアの両側の耳下腺から、主に使用する側で携帯電話をオンにした状態で、刺激により唾液を同時に採取した。この結果、携帯電話を主に使用する側では、反対側と比較して、有意に高い唾液分泌率が認められた。右側で主に使用する使用者については、主に使用する側では反対側と比較して、全タンパク質濃度が低かった。Goldwein等は、「携帯電話の使用位置に近い耳下腺は、腺への継続的な障害に対して、唾液分泌率の上昇及びタンパク質分泌率の低下という形で反応する。この現象を、世界全体の集団に対して明らかにすべきであり、大規模な長期的研究による更なる探求が是認される」と結論付けている。

### 3 動物研究

動物研究に関する文献 24 編のうち、催奇形性を扱った文献が 2 編、神経学的影響を扱った文献が 9 編、生理学的影響を扱った文献が 4 編、行動学的影響を扱った文献が 1 編、生殖能力への影響を扱った文献が 8 編（コメント 2 編を含む）、その他の影響を扱った文献が 1 編であった。

#### 3.1 催奇形性

(1) Lee 等[49]は、複数の信号の RF 電磁界によるマウスの胎児への催奇形性作用を調べた。妊娠したマウスを、符号分割多元接続 (code division multiple access (以下、「CDMA」という。)) 及び広帯域符号分割多元接続 (wideband code division multiple access (以下、「W-CDMA」という。)) 方式の 2 種類の RF 信号を同時ばく露した。15 分のインターバルで 45 分間の RF ばく露を、妊娠期間を通じて 1 日に 2 度行った。CDMA または W-CDMA の全身平均 SAR は 2.0W/kg とした。妊娠 18 日目に動物を安楽死させ、胎児の死亡率、成長の遅れ、頭部の大きさの変化、及びその他の形態学的異常を調べた。この結果、CDMA 及び W-CDMA の RF の同時ばく露は、マウスの胎児に観察可能な悪影響を生じなかった。

(2) Takahashi 等[75]は、携帯電話基地局を模擬した RF の長期的な全身ばく露による子供への潜在的悪影響を評価するため、妊娠したラットを 2.14GHz の RF に 20 時間／日、妊娠期間及び授乳期間を通じてばく露した。高ばく露での平均 SAR は母胎で 0.066-0.093W/kg、胎児及び仔で 0.068-0.146W/kg、低ばく露での平均 SAR は高ばく露の約 43% とした。母胎の成長、妊娠状態、臓器の重さ、第 1 世代の仔 (10 週齢時) の生存率、発達、成長、身体的・機能的発達、ホルモン状態、記憶機能、生殖能力、ならびに第 2 世代の仔の胚毒性、奇形遺伝性についてのパラメータを評価した。この結果、ばく露された母胎、第 1 世代及び第 2 世代の仔のいずれにも、異常な知見は観察されなかった。

#### 3.2 神経学的影響

(1) Budak 等[8]は、1800MHz の GSM 携帯電話に類似した RF の母胎内及び母胎外でのばく露が、幼若ウサギの蝸牛の機能に及ぼす潜在的に有害な影響を、歪成分耳音響放射 (DPOAE) の応答振幅を測定することにより調べた。36 匹の幼若な雄の New Zealand White 種のウサギ (1 月齢) を無作為に 9 匹ずつ 4 群に分けた (対照群; 母胎外ばく露群 (1 月齢に達した日から 15 分／日、14 日間ばく露); 母胎内ばく露群

(母胎内で 15 分/日、7 日間 (妊娠 15-22 日目) ばく露) ; 母胎内+母胎外ばく露群 (母胎内で 15 分/日、7 日間 (妊娠 15-22 日目) ばく露に加えて、1 月齢に達した日から 15 分/日、14 日間ばく露)。蝸牛の機能は 1.0-8.0kHz での DPOAE で評価した。この結果、1.5kHz での DPOAE については、母胎内ばく露群の平均振幅は、対照群及び母胎外ばく露群よりも高く、母胎内+母胎外ばく露群の平均値は、対照群及び母胎外ばく露群よりも高かった。2.0kHz では、母胎内+母胎外ばく露群の平均振幅は母胎外ばく露群よりも高かった。3.0kHz では、母胎内+母胎外ばく露群の平均振幅は対照群及び母胎外ばく露群よりも高かった。4.0kHz では、母胎外ばく露群の平均振幅は対照群よりも低かったが、母胎内+母胎外ばく露群の平均値は対照群及び母胎外ばく露群よりも高かった。6.0kHz では、母胎外ばく露群の平均振幅は対照群よりも低かったが、母胎内+母胎外ばく露群の平均値は母胎外ばく露群よりも高かった。1.0kHz 及び 8.0kHz では、各群間に有意差は見られなかった。Budak 等は、「RF の電力密度に関連する長期ばく露及びハイパーサーミアは、耳管内の温度を上昇させ、DPOAE 振幅に影響を及ぼすかも知れない。RF の有害な影響は主に、幼若期の母胎外ばく露の際の 4.0-6.0kHz での DPOAE 振幅の減少として観察された。母胎内期間では、中耳及び内耳の水分含有量、ならびに羊水が防護的な役割を果たしているかも知れない。ゆえに、子供は RF ばく露から防護されなければならない。幼児期は解剖学的構造の厚さが少ないため、耳から至近距離での携帯電話使用は避けるべきである」と結論付けている。

- (2) Budak 等[9]は、1800MHz の GSM 携帯電話に類似した RF のばく露が、幼若及び成熟した雌のウサギ蝸牛の機能に及ぼす潜在的に有害な影響を、歪成分耳音響放射 (DPOAE) の応答振幅を測定することにより調べた。18 匹の 1 月齢の雌の New Zealand White 種のウサギと、18 匹の 13 月齢の成熟したウサギを無作為に 4 群に分けた (幼若対照群 : 9 匹の幼若ウサギを 1800MHz の GSM 類似 RF にばく露せず ; 幼若ばく露群 : 9 匹の幼若ウサギを 1 月齢に達した日から 1800MHz の GSM 類似 RF に 15 分/日、7 日間ばく露 ; 成熟対照群 : 9 匹の成熟ウサギを 1800MHz の GSM 類似 RF にばく露せず ; 成熟ばく露群 : 9 匹の成熟ウサギを 1800MHz の GSM 類似 RF に 15 分/日、7 日間ばく露)。蝸牛の機能は 1.0-8.0kHz での DPOAE で評価した。この結果、1.0-2.0kHz 及び 6.0kHz では、幼若ばく露群の平均値は幼若対照群よりも有意に高かった。3.0-8.0kHz では、成熟ばく露群の平均値は幼若対照群よりも有意に低かった。6.0-8.0kHz では、幼若ばく露群の平均値は成熟対照群よりも有意に高かった。1.0-8.0kHz では、成熟ばく露群の平均値は幼若ばく露群よりも有意

に低かった。1.0–8.0kHz では、成熟ばく露群の平均値は成熟対照群よりも有意に低かった。Budak 等は、「DPOAE 測定では、GSM に類似した 1800MHz の RF ばく露による有害な影響は、雌の幼若ウサギよりも雌の成熟したウサギに多く見られた。印加した RF の電力密度に関連する長期ばく露及びハイパーサーミアは、耳管内の温度を上昇させ、DPOAE 振幅を低下させるのかも知れない。幼若ウサギの内耳における水分を含む媒質が RF による損傷からの防護的な役割を果たしているのかも知れない」と結論付けている。

(3) Daniels 等[12]は、Salford 等の先行研究 (2003) で、携帯電話の RF にばく露したラットの脳、特に脳の海馬領域におけるダーク・ニューロンの存在が示されていることから、この影響を更に調べた。海馬は学習・記憶、感情の状態に関与しているので、RF が検体の気分及び学習能力に負のインパクトを生じるという仮説を立てた。RF が学習・記憶、感情の状態、コルチコステロンのレベルに及ぼす影響を確認するため、ばく露あり／なしの雌雄のラットにおいて、行動学的、組織学的及び生化学的試験を実施した。この結果、空間記憶試験では両群間に有意差は認められず、脳の形態学的評価でも有意ではない差異しか認められなかった。但し、一部のばく露動物では、運動性活動の低減、毛繕いの増加、コルチコステロンの基底レベルの上昇が認められた。Daniels 等は、「これらの知見は、RF ばく露が脳機能の異常につながるかも知れないことを示唆している」と結論付けている。

(4) Dasdag 等[14]は、携帯電話 RF のばく露が脳のグリア細胞に及ぼす影響を、Wistar Albino 種のラットの成熟した雄 31 匹を用いて調べた。ラットの頭部をカルーセル内で 900MHz RF (脳の周囲での平均電力密度の測定値 0.052–0.338mW/cm<sup>2</sup>、電界強度 16.26–29.42V/m、SAR 計算値 0.17–0.58W/kg) にばく露した。ばく露群 (n=14) には、ラットを 2 時間/日、週 7 日、10 ヶ月間ばく露した。偽ばく露群 (n=7) には、カルーセル内で RF 発生装置の電源を切っていたこと以外は同一の手順を適用した。ケージ対照群 (n=10) には何も適用しなかった。ラットを 10 ヶ月のばく露期間後に安楽死させ、脳を摘出した。脳組織は、アポトーシスの指標として良く知られている活性カスパーゼ-3 及び p53 を免疫組織化学的に染色した。これらのタンパク質の発現は、準定量的スコアリング・システムによって評価した。但し、ラットの脳内の全抗酸化能力、カタラーゼ、全酸化状態及び酸化ストレス指標を測定した。この結果、ばく露群におけるアポトーシスの最終的なスコアは、偽ばく露群 (p<0.001) 及びケージ対照群 (p<0.01) よりも有意に低かった。p53 にはばく露による有意な変化



はなかった ( $p>0.05$ )。ばく露群における全酸化能力 ( $p<0.001$ ) 及びカタラーゼ ( $p<0.05$ ) は偽ばく露群よりも高かった。全酸化状態及び酸化ストレス指標については、ばく露群と偽ばく露群との間に統計的有意差はなかった ( $p>0.05$ )。Dasdag 等は、「ラットの脳におけるアポトーシスの最終的なスコア、全酸化能力及びカタラーゼは、GSM 携帯電話のばく露の代わりに用いた信号発生装置からの 900MHz RF によって改変されたかも知れない」と結論付けている。

(5) de Gannes 等[17]は、Salford 等 (2003) が、GSM-900 携帯電話信号の 2 時間の単一回ばく露の 50 日後における脳の損傷 (血液脳関門 (blood-brain barrier (以下、「BBB」という。)) の透過性の上昇及びダーク・ニューロンの存在) を報告したことから、Fischer 344 系統のラット 16 匹を頭部のみ GSM-900 信号 (SAR 0, 0.14, 2.0W/kg) にばく露、またはケージ対照群及び陽性対照群を用いた確認研究を実施した。ばく露の 14 日後及び 50 日後に、アルブミン漏出及びニューロン変性を評価した。TUNEL 法を用いた評価では、最後のばく露から 14 日後にはアポトーシスを生じたニューロンは見られなかった。統計的に有意なアルブミン漏出は観察されなかった。クレシル・バイオレット、またはより特殊なマーカーであるフルオロジェイド B を用いての評価でも、グループ間におけるニューロン変性に統計的有意差はなかった。この結果、Salford 等による結果は確認されなかった。

(6) Galloni 等[26]は、「EMFnEAR」プロジェクトの一環で、UMTS 携帯電話の RF ばく露が実験動物における蝸牛の外有毛細胞の機能に影響を及ぼす可能性を評価した。48 匹の Sprague-Dawley 系統ラットの右耳を UMTS 電磁界 (1946MHz、SAR 10W/kg、2 時間/日、5 日/週、4 週間) にて局所ばく露 (24 匹) または偽ばく露 (24 匹) した。加えて、蝸牛の機能に対する毒性物質であるカナマイシン (kanamycin) で処理した 12 匹を陽性対照とした。歪成分耳音響反射を、RF ばく露の前、最中 (週に 1-3 回)、ばく露の 1 週間後に実施した。この結果、ばく露群と偽ばく露群の聴覚信号に統計的有意差は認められなかった。カナマイシンの耳毒性作用は確認された。

(7) Masuda 等[53]は、915MHz 電磁界の 2 時間の単一回ばく露の 14 及び 50 日後のラットの脳内において、Salford 等 (2003) が報告した BBB の透過性の上昇及びダーク・ニューロンの存在についての確認研究を実施した。Salford 等のプロトコルに従い、64 匹の雄の F344 系統ラット (12 週齢) を、全身 SAR が 0, 0.02, 0.2, 2.0W/kg

の 915MHz 電磁界に TEM セル内で 2 時間ばく露した。脳の組織学的・免疫組織化学的分析を行った。ばく露群にはアルブミンの免疫活性は観察されなかった。また、ヘマトキシリン及びエオシン染色を用いた評価では、ダーク・ニューロンはほとんど存在せず、ばく露群と偽ばく露群との間に統計的有意差はなかった。Salford 等の結果は確認されなかった。

(8) McQuade 等[55]は、Salford 等 (2003) による BBB の透過性の上昇についての報告に関して、TEM セル内で Salford 等と同様のパラメータの 915MHz RF にばく露したラットを用いた確認研究を実施した。ラットを連続波または変調波 (16 または 217Hz) の 915MHz エネルギーに全身平均 SAR が  $0.0018-20\text{W/kg}$  となる出力レベルで 30 分間ばく露した。BBB の健全性を確かめるため、灌流後の脳組織片についてアルブミン免疫組織化学検査を実施した。この結果、ばく露群のどのラットにも、偽ばく露群またはケージ対照群のラットと比較して、アルブミン溢出の有意な増加は認められなかった。

(9) Sirav 等[73]は、900 及び 1800MHz の連続波 RF が BBB の透過性に及ぼす影響を調べた。ホーンアンテナから 10cm の位置で、900MHz で  $13.51\pm 0.41\text{V/m}$ 、1800MHz で  $12.62\pm 0.22\text{V/m}$  の電界強度の RF に近傍界で 20 分間ばく露した。この結果、雄のラットの BBB の透過性が高まることが示された。雌のラットには変化はなかった。Sirav 等は、「RF の安全性または有害性に関する科学的証拠は依然として決定的ではない。RF が BBB の透過性に及ぼす影響と、その破綻のメカニズムを立証するため、更なる研究が必要である」としている。

### 3.3 生理学的影響

(1) 1975-1986 年に発表されたロシア及びウクライナの一連の論文では、2375MHz、 $5\text{W/m}^2$  の連続波 RF 放射による 30 日間の全身ばく露が、ラットの脳細胞の抗原性構造を混乱させることが報告され、この作用はばく露された動物に自己免疫反応を生じることが示唆している。更に、これらの研究は、ばく露されたラットから採取した血清を、無傷のばく露していない妊娠 10 日目の雌のラットに注射した結果、着床後の胚の死亡率が上昇し、胎児の大きさ及び体重が減少したと報告している。これらの研究結果は、旧ソビエト連邦におけるばく露限度の根拠の一部となっていることから、de Gannes 等[18]は、最新のドシメトリ及び生物学的手法を用いた確認研究を実施した。自由に動き回るラットを遠方界条件でばく露させるため、新たなシステムを構築

した。全身及び脳平均の SAR を計算した。この結果は全て陰性であったことから、de Gannes 等は、「本研究のばく露条件下（2450MHz、連続波、7時間／日、30日間、全身 SAR 0.16W/kg）では、RF ばく露には複数の免疫及び変性パラメータまたは出生後の発育に対する影響力はない」と結論付けている。

(2) Koyu 等[43]は、900MHz RF にばく露したラットの肝臓において、カフェイン酸フェニルエチルエステル（caffeic acid phenethyl ester（以下、「CAPE」という。))が脂質の過酸化（lipid peroxidation（以下、「LPO」という。))に及ぼす防護作用の可能性を調べた。携帯電話の RF は、主に LPO を強めると考えられるフリーラジカルを増加させ、また肝臓の抗酸化活動を変化させることで酸化損傷を生じ、生体系に影響を及ぼす可能性がある。プロポリス抽出物の活性成分である CAPE は抗酸化特性を発揮し、RF ばく露によって生じる肝毒性に対して抗酸化剤が及ぼす影響力を補うことが、複数の先行研究で示唆されている。Sprague-Dawley 系統の雄ラット 30 匹を、対照群、RF ばく露群、及び RF ばく露+CAPE 投与群（各 10 匹）に分けた。CAPE は RF ばく露の 30 日前に腹腔内に注射した。肝組織を除去し、カタラーゼ（catalase（以下、「CAT」という。))、スーパーオキシドジスムターゼ（superoxide dismutase（以下、「SOD」という。))、グルタチオンペルオキシダーゼ（glutathione peroxidase（以下、「GPx」という。))、キサンチンオキシダーゼ（xanthine oxidase（以下、「XO」という。))の活性、及び LPO のレベルを調べた。XO、CAT 活性及び LPO レベルは、RF ばく露群では対照群よりも上昇したが、RF ばく露+CAPE 投与群では低下した。SOD 及び GPx 活性は、RF ばく露群では対照群よりも低下したが、RF ばく露+CAPE 投与群では上昇した。Koyu 等は、「CAPE は活性酸素種を減らし、抗酸化酵素活性を高めて抗酸化防衛システムを増強することで、900MHz RF によって肝臓に生じる酸化的変化を防止する可能性がある」と結論付けている。

(3) Naziroğlu 等[61]は、無線機器からの RF がフリーラジカルを増加させることによって生体系に影響を及ぼすかも知れないことが先行研究で示唆されていることから、2.45GHz RF がラットの脳における抗酸化剤の酸化還元系及び脳電図（electroencephalogram（以下、「EEG」という。))記録に及ぼす影響を調べた。セレン及び L-カルニチンによる防護作用の可能性も調べ、未処理対照群と比較した。30 匹のラットを、A1 群：ケージ対照、A2 群：偽ばく露対照、B 群：RF ばく露、C 群：RF ばく露+セレン投与、D 群：RF ばく露+L-カルニチン投与に五等分した。B、C、D 群は、2.45GHz RF に 60 分／日、28 日間ばく露した。実験の最後に、EEG

記録及び脳皮質サンプルを採取した。この結果、脳皮質のビタミン A、ビタミン C、ビタミン E 濃度は、A1 群及び A2 群と比較して、B 群で低下していた（それぞれに対し、 $p<0.05$ 、 $<0.01$ 、 $<0.05$ ）が、これらの濃度は B 群単独よりもセレン及び L-カルニチン投与群では有意に上昇した。脂質の過酸化のレベルは、C 群 ( $p<0.05$ ) 及び D 群 ( $p<0.01$ ) では B 群よりも低下しており、C 群ではグルタチオンのレベルが A1 群、A2 群、B 群よりも高かった ( $p<0.05$ )。但し、 $\beta$ -カロテンのレベルは 5 群で変化していなかった。Naziroğlu 等は、「L-カルニチン及びセレンは、抗酸化剤の酸化還元系を支援することによって、2.45GHz によるビタミンレベルの低下に対して防護作用を有するようである。L-カルニチンはセレンよりも、ビタミン濃度に対して強い防護作用を有するようである」と結論付けている。

- (4) Yan 等[78]は、ラットに携帯電話の RF (1.9GHz デジタル/800MHz デジタル/800MHz アナログ、2.2cm の位置での SAR 0.9–1.80W/kg) を 6 時間/日、18 週間ばく露した。本研究では、顔面神経の頬及び下顎の分岐を調べた。傷を負った際にアップレギュレートされる 4 種類のタンパク質 (カルシウム ATP アーゼ、エンドセリン、神経細胞癒着分子、神経成長因子) の伝令リボ核酸 (messenger ribonucleic acid (以下、「mRNA」という。)) のレベルを調査した。抽出した mRNA を逆転写ポリメラーゼ連鎖反応にかけた結果、4 種類全てがアップレギュレートしていた。下顎の神経には、より高く、より広範なレベルのアップレギュレーションが見られた。下顎の神経の 4 種類全て、頬の神経では 2 種類の mRNA のアップレギュレーションが、統計的に有意であった。これらの傷関連の知見は穏やかなものであった。Yan 等は、「携帯電話使用は今後も続くことから、これらの組織の損傷は何年間も持続する可能性が高く、腫瘍、がん、機能不全の可能性が潜在的に高まる」と結論付けている。

### 3.4 行動学的影響

Fragopoulou 等[24]は、携帯電話の RF が Balb/c 系統マウスの海馬依存性の空間記憶課題の学習に及ぼす影響を、モーリス式水迷路を用いて調べた。GSM900MHz 携帯電話のパルス RF (SAR 0.41–0.98W/kg) を、1 日 2 時間、4 日間照射した。この結果、ばく露群には偽ばく露群と比較して、学習の際に獲得した空間情報の訓練日をまたいだ持ち越しの欠如 (訓練 2–4 日目の最初の試行における逃避時間と水泳距離の増加) が見られた。更に、記憶プローブ試行の際、偽ばく露群には目標の四分円に対する予想通りの嗜好が見られたが、ばく露群には嗜好は見られず、学習した空間情報の統合が欠如していることが示された。Fragopoulou 等は、「この結果は、RF の非熱作用について

の報告を考慮した、より徹底的な調査のための基礎を提示するものである」と結論付けている。

### 3.5 生殖能力への影響

(1) Kesari 等[40]は、50GHz の RF が Wistar 系統の雄ラットの生殖系に及ぼす影響を調べた。60 日齢のラットを、偽ばく露群及びばく露群に分類した。呼吸用の穴を開けたプレクシグラス製のケージにラットを固定して、45 日間連続でばく露した (2 時間/日、SAR  $8.0 \times 10^{-4} \text{W/kg}$ )。最終ばく露の直後にラットを安楽死させ、精子を採取した。精子細胞中の抗酸化酵素 (スーパーオキシドジスムターゼ (SOD)、グルタチオンペロキシダーゼ (GPx)、カタラーゼ (CAT))、ヒストンキナーゼ、アポトーシス、細胞周期を分析した。この結果、ばく露群では偽ばく露群と比較して、精子中の GPx 及び SOD 活性のレベルの有意な低下 ( $p \leq 0.05$ )、一方でカタラーゼの有意な上昇 ( $p < 0.02$ ) が示された。対照群と比較して、ヒストンキナーゼの平均活性の統計的に有意な低下 ( $p < 0.016$ ) が観察された。精子形成において分裂中の細胞の割合は、フロー・サイトメトリ (flow cytometry) によって細胞あたりの DNA を分析することで推定した。ばく露群におけるアポトーシスの割合は、偽ばく露群と比較して増加していた ( $p < 0.004$ )。G0/G1 期には有意差はなかったが、S 期における有意な低下 ( $p < 0.026$ ) が見られた。ばく露群における細胞周期の G2/M 遷移期の割合の低下も示された。Kesari 等は、「これらの放射が雄ラットの生殖系に有意な影響を有しているかも知れない。このことは、男性の生殖能力への影響の兆候かも知れない」と結論付けている。

(2) Mailankot 等[51]は、携帯電話の RF がフリーラジカル代謝及び精子の質に及ぼす影響を評価した。Wistar 系統の雄のアルビノラット (10-12 週齢) を、作動している GSM 携帯電話 (0.9/1.8GHz) からの RF に連続して 1 時間/日、28 日間にわたってばく露した。対照群は同じ期間にわたってバッテリーを外した携帯電話にばく露した。RF ではなく携帯電話から放射される熱によって影響が生じるという懸念に対処するため、携帯電話は床が木製のケージに保持した。動物は最後のばく露から 24 時間後に安楽死させ、評価対象の組織を採取した。この結果、1 時間のばく露はいずれの群のラットにも顔面の温度に有意な変化を生じなかった。ばく露群と対照群の精子総数に有意差は観察されなかった。但し、ばく露群には運動性のある精子の割合の有意な低下が見られた。更に、ばく露は精巣及び副精巣における脂質の過酸化の有意な上昇及びグルタチオン量の低下を生じた。Mailankot 等は、「携帯電話の RF は精子

の質に負の影響を及ぼし、雄の生殖能力を損なうかも知れないことが推測される」と結論付けている。

(3) Salama 等[65]は、待ち受け状態の携帯電話から放射される RF のばく露が睾丸の機能及び構造に及ぼす長期的な蓄積作用を調査した。合計 24 匹の成熟した雄のウサギを無作為に三等分した。第 1 群（電話群）は、特別に設計したケージ内で、待ち受け状態の携帯電話から放射される無線周波数（800MHz）に 8 時間/日、12 週にわたってばく露した。第 2 群はストレス対照群で、同じ種類のケージに入れ、ケージによる不安感を与えた。第 3 群は通常の対照群で、通常の広々としたケージに入れた。精液の分析及び精子の機能の検査（生育能力、低張性膨張、アクリジン・オレンジ）を毎週実施した。睾丸の組織学的部位及び血清の総テストステロンも評価した。電話群では 6 週目に精液の濃度の低下が見られた。8 週目には、この値 ( $133 \times 10^6/\text{mL}$ ) は他の 2 つの対照群（ストレス対照群及び通常対照群、それぞれ 339 及び  $356 \times 10^6/\text{mL}$ ）ならびに第 1 群（電話群）の当初の値 ( $341 \times 10^6/\text{mL}$ ) と比較して統計的に有意となった。運動性のある精子の数もこれら 3 群で同様であり、電話群及びストレス対照群で 10 週目以降に有意に低下し、電話群ではより有意であった（それぞれ、50、61、72.4%）。組織学的検査でも、電話群ではストレス対照群及び通常対照群と比較して、精細管の径の有意な減少が見られた（それぞれ、191、206、226 $\mu\text{m}$ ）。他の調査項目についての差異は見られなかった。Salama 等は、「待ち受け状態の携帯電話から放射される低強度のパルス RF は、成熟したウサギの睾丸の機能及び構造に影響を及ぼし得る」と結論付けている。

(4) Lerchl 等[50]は、Salama 等の報告[65]に対して、次のようなコメントを示している。

a Salama 等は 800MHz の GSM 携帯電話を「待ち受け状態」で RF ばく露を実施したとしている。待ち受け状態では、GSM 携帯電話は通話時ほどには RF を発信せず、自身の存在を基地局に知らせるため、一定時間ごとに短い信号を発するだけであり、動物がばく露されるのは、1 日あたり 8 時間ではなくほんの数秒に過ぎない。よって、報告されている 0.43W/kg という全身 SAR 値は間違いであろう。

b GSM800 は日本の移動体通信規格ではない。Salama 等は電界の測定方法の詳細を示していないが、100kHz から数 GHz をカバーするブロードバンド・プローブを用いた可能性が高い。実際、我々の実験室で測定した複数の GSM 携帯電話

の界強度は、電話機の画面の直前で約 3V/m であった。但し、周波数分析では、放射は主に電話機内部の電子回路から生じる kHz 帯域であった。

- c Salama 等は、精子数及び精子の運動性について報告しているが、これらの変動係数は 7 週目まではばく露群及び対照群とも約 3% と無視し得るものであり、12 週間の実験期間での平均値に僅かな変化 (<4%) があっただけである。換言すれば、これらのパラメータの内部及び相互変動性は小さく、New Zealand White 種のウサギに関する 1 桁大きい CV (変動係数) を示した既刊のデータと極めて対照的である。また、精子の数及び運動性に対する極めて唐突な (また、その後の全く安定した) 影響は生物学的に理解できない。

ゆえに、本研究のばく露条件及び報告されている生物学的影響の妥当性について、深刻な懸念を表明する。

- (5) Salama 等[66]は、Lerchl 等のコメント[50]に対して、次のように再反論している。
- a ばく露条件に関しては、GSM 携帯電話の周波数が 800MHz であることをプロジェクト開始前に通信会社が数回確認した。待ち受け状態の GSM 携帯電話からは、間欠的な短い信号以外は通話モード時ほどには RF は放射されないことは、携帯電話研究に関心を持つ読者には周知のことであろう。よって、動物は 1 日 8 時間ばく露されていたわけではない。原稿には、動物は RF ではなく携帯電話に 8 時間ばく露したと書いてある。よって、本研究で測定した全身 SAR は、通話モード時と同様の短いインターバルの RF ばく露時のものである。
- b 変動係数が小さいという点に関しては、第一に、我々の研究におけるデータ外挿は、Lerchl 等が引用している先行研究とは全く異なる。我々は精液サンプルを週に 1 度ではなく 2 度採取した。このことが、精子の蓄積の制約となり、結果的に各週の精子数の変動につながったのであろう。更に、本研究では 24 匹の動物を三等分し、二群ごとにデータを比較したが、先行研究では 4 匹の動物しか用いておらず、それぞれを自身の対照として比較したか、個別の動物ごとに比較しており、我々の方法とは全く異なる。第二に、我々の研究では、各精液サンプルの精子数のカウントは同一人物が複数回実施した。これは極めて労働集約性が高い。興味深いことに、この勧告は、変動性を小さくするため、先行研究で示されているものである。第三に、我々は人工膣内での精子の損失を補正した。この損失は 8% から 17% (射出された精子の平均 12%) の範囲で、人工膣に付着していた。第四に、我々は精液回収前に動物を性的に刺激しなかった。これは先行研究の手順とは対照的である。このことは精子数を増やし、次

の射精回収時の変動につながる。

- c 我々の研究では、携帯電話群における精子濃度の持続的な低下が見られた。この低下は、3群で比較したところ有意であった。携帯電話群及びシヤム群のいずれの動物も、ケージ内で同様に日常的な扱いを受けたという点に留意することが重要である。睾丸部位及び精子自体は見かけ上は正常であったにもかかわらず、精子数の低下が生じた。我々は、本研究で利用した RF 電磁界の影響下で、排精に異常が生じ、射出された精液中への精子の非放出につながったかも知れないと考える。我々は、当該論文の考察においてこの仮説を簡単に論じており、また可能性のある電磁放射の非熱的な生物学的影響のメカニズムについて報告している。但し、排精に重要な役割を果たす哺乳類の精子の細胞骨格には、帯電したタンパク質が含まれており、これが電磁界によって攪乱される可能性があるという点に留意すべきである。

(6) Salama 等[67]は、携帯電話からの RF ばく露が男性の性的行動に及ぼす蓄積的な影響は、先行研究で分析されていないことから、ばく露群、ストレス対照群及びケージ対照群に無作為に分けた 18 匹の雄のウサギについて、この影響を調べた。気を引くための 6 匹の雌のウサギを雄のケージに順次入れ、交尾行動を記録した。血清中のテストステロン、ドーパミン、コルチゾルの総量を評価した。ばく露群はケージ内で 1 匹ずつ、待ち受け状態の GSM800MHz 携帯電話に 8 時間/日、12 週間ばく露した。研究終了時に、交尾行動及びホルモンアッセイを再分析した。ばく露群では射精を伴わないマウンティングが多く、その持続時間と頻度は対照群と比較して有意に増加していた。射精を伴うマウンティングについては逆の関係が観察された。ばく露群では、射精の頻度が有意に低下し、雌に対する噛付きやしがみ付きが顕著に増加し、1 匹目から 4 匹目までの雌に対するマウンティングの持続時間の累積が観察された。ホルモンアッセイでは、各群間に有意差は認められなかった。Salama 等は、「待ち受け状態の携帯電話からのパルス RF はウサギの性的行動に影響を及ぼし得る」と結論付けている。

(7) Salama 等[68]は、精子の運動性を促進する重要な要素である果糖とクエン酸塩のレベルに、携帯電話の RF ばく露が及ぼす影響は先行研究で調べられていないことから、成熟したウサギをモデルに用いた長期的研究を実施した。合計 30 匹の成熟した雄のウサギを無作為に 3 群に分けた。第 1 群 (ばく露群) は特別に設計したケージ (50 × 25 × 35cm) に 1 匹ずつ入れ、生殖器のすぐ傍に置いた待ち受け状態の携帯電話か



らの RF (GSM900MHz) に 8 時間/日、12 週間ばく露した。残りの 2 群はストレス対照群及びケージ対照群とした。精子サンプルを毎週採取した。精子の運動性と生育能力、精子の果糖とクエン酸塩、血清テストステロンを測定した。前立腺複合体、膨大部、小胞腺の組織学的切片を評価した。10 週目の電話群には、果糖レベル (257 ± 11.6 vs 489 ± 84mg %、基底レベル) 及び運動性のある精子の個数 (50 vs 72) の両方に、有意な低下が観察された。但し、両者間には相関は認められなかった。ストレス対照群にも精子の運動性に同様の低下が認められたが、その程度は有意に低かった。クエン酸塩のレベル、及びその他のパラメータには、研究を通じて有意な変化は認められなかった。Salama 等は、「待ち受け状態の携帯電話から放射されるパルス RF は、ウサギの精子の運動性と果糖に長期的に影響を及ぼすが、クエン酸塩のレベルには影響しない」と結論付けている。

(8) Sommer 等[74]は、異なる SAR (0.08、0.4 及び 1.3W/kg) の UMTS RF の慢性的なばく露 (1966MHz、570 日間連続) が、C57BL 系統のマウスの生殖能力及び発育に影響を及ぼすかどうかを 4 世代にわたって調べた。F0 世代は雄 128 匹、雌 256 匹であった。2 回目の出産の 21 日後、仔マウスを親から離し、90–110 日齢まで雌雄別のケージで飼育し、その後同じケージに入れた。同じ手順を、F3 世代の親から仔が生まれる直前まで繰り返した。生殖能力への影響については、親の剖検により、黄体の数、子宮の重量、健全な精子細胞数、奇形の精子細胞数、睾丸の重量、副腺の重量、精子/細管の総数、精巣上体の重量を調べた。仔への影響については、体重、開眼、離乳時の生存率を調べた。また、仔の運動機能及び調整機能 (立直り反射)、餌及び水の消費も調べた。この結果、RF ばく露がマウスの生殖能力及び発育に及ぼす有害な影響は示されなかった。仔の数及び発育は RF ばく露に影響されなかった。RF ばく露が餌の消費に及ぼす若干の影響 (偽ばく露群と比較して最大で -25%) が示された。Sommer 等は、「この結果は、複数世代にわたる UMTS の慢性的なばく露がマウスに有害な影響を及ぼすことを示していない」と結論付けている。

### 3.6 その他の影響

Hässig 等[33]は、食肉用仔牛における核性白内障の有病率を評価し、携帯電話基地局によるインパクトの可能性を調べるのため、コホート研究を実施した。母牛及びその仔牛の地理的位置について、妊娠期間から屠殺に至るまで追跡調査を実施した。妊娠初期の 3 ヶ月間 (器官形成期) を特に重視した。防護作用を有する幾つかの抗酸化剤 (スーパーオキシドジスムターゼ (SOD)、カタラーゼ (CAT)、グルタチオンペロキシダ

ーゼ (GPx) の眼の房水における活性を調べて、酸化還元状態を評価した。この結果、253 頭の仔牛のうち、79 頭 (32%) には様々な程度の核性白内障が見つかったが、重度の核性白内障は 9 頭 (3.6%) だけであった。この結果は、核性白内障を持つ仔牛の妊娠初期の 3 ヶ月間における位置と、アンテナの強度との間の関連を示している。100 – 199m 以内にあるアンテナの数は酸化ストレスと関連しており、酸化ストレスと直近の基地局からの距離との間にも関連があった。酸化ストレスは、白内障のある眼で上昇していた (km あたりの OR=0.80、95%CI=0.62-0.93)。アンテナが実際にストレスに影響を及ぼすということは示されていない。Hosmer-Lomeshow 統計では、低放射の陰性事例における精度は 100%、高放射の陽性事例における精度は僅か 11.11%であった。Hässig 等は、「この結果は、核性白内障については携帯電話基地局以外の可能性が多数あることを反映している」と結論付けている。

## 4 試験管内研究

試験管内研究に関する文献 11 編のうち、遺伝毒性を扱った文献が 4 編、細胞の生育能力への影響を扱った文献が 2 編、細胞機能への影響を扱った文献が 5 編（レビュー 2 編を含む）であった。

### 4.1 遺伝毒性

(1) Belyaev 等[4]は、UMTS 電波が GSM 電波よりも強い生物学的影響を生じるかどうかを調べるため、EHS の被験者群（男性 1 人、女性 4 人）及び健康な被験者群（男性 1 人、女性 4 人）から採取したリンパ球を、GSM（905-915MHz、出力 0.25W、SAR 37mW/kg）または UMTS（1947.4MHz、出力 0.25W、SAR 40mW/kg）に 1 時間、ばく露または偽ばく露し、クロマチン及び DNA 修復フォーカス 53BP1/ $\gamma$ -H2AX に及ぼす影響を調べた。ストレス応答についての陽性対照には 1 時間の熱処理を、遺伝毒性についての陽性対照にはガンマ線照射を用いた。この結果、UMTS 及び GSM 携帯電話の電波（ICNIRP ガイドライン以下の非熱レベル）は、EHS 及び健康な被験者群から採取したリンパ球において、クロマチンの形状に影響を及ぼし、DNA 修復フォーカスの形成を抑制した。この影響は搬送周波数及び信号の種類に依存していた。DNA 修復フォーカスへの影響は、熱ショック後のストレス応答よりも長い、ばく露の 72 時間後にも残留していた。UMTS マイクロ波及び GSM915MHz マイクロ波が DNA 修復形成に及ぼす影響を除いて、健康な被験者群と EHS の被験者群の間に有意差は観察されなかった。

(2) Franzellitti 等は、先行研究において、携帯電話の振幅変調 1.8GHz 正弦波（GSM217Hz、SAR 2W/kg）の 1 時間ばく露は、ヒト栄養膜細胞 HTR-8/SVneo における原発性の DNA 損傷のレベルを高めないことを報告した。今回、種類及び継続時間が異なる GSM 信号ばく露後の栄養膜細胞の応答についての更なる調査を実施した[25]。HTR-8/SVneo 細胞に、1.8GHz 連続波、GSM217Hz 及び GSM 通話信号（間欠ばく露、5 分間オン／10 分間オフ）を 4、16、24 時間ばく露した。アルカリ・コメットアッセイを用いて、RF ばく露サンプルにおける原発性 DNA 損傷と、または不完全な修復プロセスによる鎖切断を評価した。振幅変調 GSM217Hz 及び GSM 通話信号は、16 及び 24 時間ばく露後の栄養膜細胞におけるコメットのパラメータに有意な増加を生じたが、非変調連続波による影響はなかった。但し、照射なしの 2 時間の回復時間の間に変化は急速に修復され、ばく露された細胞の DNA 健全性は偽ばく露群と同等であった。Franzellitti 等は、「このデータは、GSM 信号の典型的な搬送

周波数と変調を持つ RF は DNA 健全性に影響を及ぼし得ることを示唆している」と結論付けている。

(3) 極僅かな適応量 (adaptation dose) の遺伝毒性因子にばく露された細胞は、その後により多くの量の同じまたは類似した遺伝毒性因子にばく露された際に、遺伝的損傷の誘導に対する感受性が低下することが、複数の細胞種について認められている。この適応応答 (adaptive response) の誘導については、複数の要因 (例: 適応に用いた量、量率、適応と刺激の時間的間隔) による影響が示されている。Sannino 等[69] は、適応量としての 20 時間の RF 事前ばく露 (90MHz、ピーク SAR 10W/kg、平均 SAR 1.25W/kg) が、その後の遺伝毒性因子マイトマイシン C 投与に対して抵抗力を細胞に与えるかどうかを、5 人の提供者から採取したリンパ球について調べた。そのうち 4 人から採取したリンパ球には、適応応答の誘導が認められた。900MHz RF を事前ばく露した細胞では、事前ばく露しなかった細胞と比較して、マイトマイシン C による小核の誘導が有意に低減したが、5 人目から採取したリンパ球には適応応答は認められず、事前ばく露した細胞としなかった細胞で小核発生に有意差はなかった。Sannino 等は、「この予備的調査で得られたデータは、無線通信に用いられている RF のばく露には、ヒトリンパ球に適応応答を誘導する能力があることを示している。周波数、SAR、適応のタイミングが異なる他の試験管内実験及び動物実験条件で、適応応答を生じさせることができるかどうかについて、更なる研究が必要である」と結論付けている。

(4) Sannino 等[70]は、健康な被験者及びターナー症候群の患者から採取したヒトの皮膚線維芽細胞を、900MHz の RF 放射を 24 時間ばく露し、DNA 損傷への影響を調べた。RF ばく露は単独、または、飲用水の塩素消毒時に生じる環境中の突然変異源及び発がん因子としてよく知られている 3-クロロ-4-(ジクロロメチル)-5-ヒドロキシ-2(5H)-フラノン (以下、「MX」という。) と組合せて実施した。ターナー症候群の線維芽細胞については、より短時間 (1 時間) のばく露も行った。GSM 携帯電話からの放射と類似した SAR 1W/kg の信号を、温度及びドシメトリを厳密に管理した条件下で用いた。RF 単独ばく露後の DNA 損傷を評価するため、アルカリ・コメットアッセイ及び細胞質分裂阻害小核アッセイを用いた。複合ばく露実験では、RF ばく露の 1 時間後に MX を 25 $\mu$ M (モル) の濃度で投与し、影響をアルカリ・コメットアッセイで評価した。この結果、いずれの細胞株においても、RF 放射単独による遺伝毒

性及び細胞毒性作用は見られなかった。予想通り、MX 投与は DNA の移動量の増加を生じたが、RF にばく露された細胞では、MX による DNA 損傷の増強は観察されなかった。

## 4.2 細胞の生育能力への影響

- (1) Del Vecchio 等[20]は、RF ばく露がニューロンの表現型成熟に及ぼす影響を調べるため、2種類の試験管内モデルを 900MHz GSM 変調 RF にばく露した（コリン作用性 SN56 細胞株：1、2 または 3 日間、ラット初代皮質性ニューロン：1-6 日間、SAR 1W/kg）。細胞骨格調整因子（例：軸索の成長の調整に関連する  $\beta$  サイモシン ( $\beta$ -thymosin)）の mRNA 発現、及び、ストレス関連初期応答遺伝子（c-Fos 及び c-Jun）の発現を、リアルタイム・ポリメラーゼ連鎖反応（real-time polymerase chain reaction（以下、「RT-PCR」という。)) で調べた。形態学的／組織病理学的変化の尺度として、ニューロンの表現型成熟（軸索の長さ、軸索の数、新芽形成、成長、分枝）を、倒立顕微鏡及び傾向顕微鏡で調べた。この結果、どちらの細胞系についても、生成された軸索の数の RF ばく露による低減が認められた。この変化は、 $\beta$  サイモシンの遺伝子発現の増加と相関していた。c-Fos 及び c-Jun の遺伝子発現は RF ばく露に影響されなかった。軸索の長さ及び分枝も RF ばく露に影響されなかった。Del Vecchio 等は、「RF ばく露による  $\beta$  サイモシンの発現の変化は、RF の直接的または間接的な影響である可能性がある。この影響を検証し、ニューロン細胞の表現型を改変する分子媒体及び経路を見出すための更なる研究が必要である」と結論付けている。
- (2) Del Vecchio 等[21]は、900MHz GSM 変調 RF (SAR 1W/kg、最大ばく露時間 144 時間) の長期的ばく露が、25-35AA  $\beta$  アミロイド（アルツハイマー病の試験管内モデル）、グルタミン酸塩（興奮毒性のモデル）及び過酸化水素（酸化ストレスのモデル）との共ばく露により、2種類の神経系培養細胞（コリン作用性 SN56 細胞株及びラット初代皮質性ニューロン）の生育能力及び脆弱性に影響するかどうかを調べた。この結果、RF ばく露は SN56 細胞の生育能力及び増殖率、または皮質性ニューロンの生育能力を変化させなかった。SN56 細胞では RF の共ばく露は過酸化水素の神経毒性作用を悪化させたが、初代皮質性ニューロン細胞では悪化させず、一方で RF とグルタミン酸塩及び 25-35AA  $\beta$  アミロイドとの協調作用は認められなかった。Del Vecchio 等は、「これらのデータは、GSM 変調 900MHz 信号は、特定の状況下だけで神経系細胞の酸化損傷に対する共ストレス要因として作用することを示唆している」と結論付けている。

### 4.3 その他の試験管内研究

- (1) Brescia 等[7]は、RF が単独または第一鉄イオン ( $\text{FeSO}_4$ ) との組合せで、哺乳類の培養細胞に酸化ストレスを生じるかどうかを評価するため、UMTS 携帯電話に用いられる 1950MHz RF (SAR 0.5 及び 2.0W/kg) をばく露したヒトリンパ芽球様細胞における活性酸素種 (reactive oxygen species (以下、「ROS」という。)) の生成を、フロー・サイトメトリにより測定した。ドシメトリ及びばく露環境の厳密な管理の下、導波管内で短期 (5-60 分) と長期 (24 時間) のばく露を実施した。RF ばく露の 24 時間後に細胞の生育能力も測定した。 $\text{FeSO}_4$ による ROS 生成を、RF ばく露が改変する能力を有するかどうかを調べるため、複数の共ばく露プロトコル ( $\text{FeSO}_4$  への前または同時に RF ばく露) を適用した。この結果、いずれの実験条件でも、非熱的 RF ばく露は自発的な ROS 生成を増加させないことが示された。RF ばく露の 24 時間後の細胞の生育能力にも変化は認められなかった。 $\text{FeSO}_4$  との共ばく露を考慮した場合にも、同様の結果が得られた。RF と  $\text{FeSO}_4$  との複合ばく露は、化学処理単独で誘導した ROS 生成を増加させなかった。対照的に、陽性対照として  $\text{FeSO}_4$  で処理した培養細胞には、量に依存した ROS 生成の増加が記録され、本実験で採用した手法の妥当性が検証された。
- (2) Dawe 等[16]は、低強度 RF が線虫 *Caenorhabditis elegans* における熱ショックレポータ遺伝子の発現を誘導するという先行研究についての解釈が、僅かな加熱によって生じた微妙な熱作用であると改められたことから、ばく露条件と偽ばく露条件間の温度差を最小限 (0.1°C以下) にするマイクロ波ばく露装置 (1.0GHz、出力 0.5W、SAR 0.9–3mW/kg) を用いて、ばく露群と偽ばく露群の 5 つの遺伝子アレイを比較した。この結果、5 つの遺伝子アレイについて発現の一貫した変化を示した遺伝子はなく、正規化後の発現の変化はいずれも控え目なもの (40%以下のアップまたはダウンレギュレーション) となった。遺伝子発現における統計的有意差の数 (846) は、偶然によって生じると予想される偽陽性発生率 (1131) よりも少なかった。Dawe 等は、「幼虫及び成虫の *Caenorhabditis elegans* における遺伝子発現のパターンは、低強度マイクロ波放射による本質的な影響を受けない。本研究で観察された微小な変化は、偽陽性によるものであろう」と結論付けた。
- (3) McNamee 等[54]は、低レベル RF により誘発される遺伝子／タンパク質発現の変化に関して、現時点における科学的証拠をレビューした。McNamee 等は、RF によるとされている遺伝子／タンパク質への影響の再現研究では必ずしも同じ知見が得

られないということが徐々に明らかになっているが、全ての本質的な変数（ばく露の継続時間、SAR のレベル及び分布、熱的な交絡（局所的なホットスポット等）、電磁界の種類、波形、細胞の生物学的状態及び種類、等）が再現研究において適切に考慮されていたかどうか、あるいは、再現研究の実験デザインに盛り込まれなかった未知の要因によってそれらが弱められていなかったかどうかを吟味しなければならない、としている。また、「証拠の重みは全体として、RF に対する遺伝子／タンパク質のレベルで特定の非熱的応答が存在するという考えを支持していないが、良好に実施された一部の研究において RF と遺伝子／タンパク質との相互作用の可能性が観察されていることから、更なる研究が是認される」としている。

(4) Moisescu 等[57]は、GSM 携帯電話の RF (SAR 3.2W/kg、20 分間) またはその低周波パルス電界要素 (217Hz、4V/cm) がエンドサイトーシス (endocytosis) に及ぼす影響を調べると共に、先行研究で示された GSM 携帯電話の RF によるエンドサイトーシス率の上昇の分子メカニズムを明らかにするため、クラスリン (clathrin) またはカベオリン (caveolin) で被膜された小胞が介在するエンドサイトーシスを阻害する薬剤 (フィリピン (Filipin)、エタノール、クロルプロマジン (chlorpromazine)) の投与下で、培養したネズミの悪性黒色腫細胞を GSM 携帯電話の RF またはパルス電界をばく露した。この結果、ルシファーイエロー蛍光色素の取り込みは、GSM 携帯電話の RF ばく露下で増加した。クロルプロマジン (クラスリン介在性のエンドサイトーシス経路の阻害薬) 及びエタノール (受容体介在性及びクラスリン依存性のエンドサイトーシス経路の阻害薬) は、ルシファーイエロー取り込みの増加を阻害したが、フィリピン (カベオリン介在性のエンドサイトーシス経路の阻害薬) は阻害しなかった。Moisescu 等は、「GSM 携帯電話の RF によって影響されるメカニズムは、細胞膜から分離した小胞、主にクラスリンで被膜された小胞が関与していることを示している」と結論付けている。

(5) Verschaeve[77]は、RF にばく露されたヒトにおける細胞遺伝学的バイオモニタリング研究をレビューした。調査対象研究の大部分で、RF にばく露された人々のリンパ球または剥離した口腔細胞において、染色体異常等の遺伝的損傷の頻度増加が示されていた。しかしながら、多くの研究には幾つかの欠点があり、実質的に確固たる結論を導けない。全ての論文でばく露量ドシメトリが欠落していたが、いくつかの調査では、さらに重大な欠点による問題点があった。Verschaeve は、「確たる結論に達するためには、大規模で十分に調整が図られた学際的な調査が必要である」としている。

## 5 その他の研究

前節までの分類に含まれない RF ばく露と健康影響に関する文献は 9 編であった。

- (1) Dollan 等[22]は、ICNIRP が推奨する限度値以下の RF ばく露による健康へのハザードは確立されていないものの、公衆の懸念と認知されている科学的不確実性への対応のため、携帯電話及び基地局からの RF ばく露に対してプレコーション原則の適用が求められ続けていることから、携帯電話及び基地局に関連するプレコーションの方策の要求の国際的な変遷として、特に豪州及び英国に焦点を当てて調査した。その結果、プレコーション原則は定義が困難であり、その実施方法についての広範な合意はないが、潜在的な健康ハザードを指摘する信頼できる科学的データと論理的な理由付けがない場合には、プレコーション的方策を実施すべきではないという強い主張があること、また、プレコーション的助言は公衆の懸念を高めるかもしれないという実験的証拠もあることを見出した。
- (2) Hallberg 等[29]は、スウェーデンの登録簿から収集した複数の健康影響に関する指標を調査した。その結果、1990 年代前半には国民の健康が全体として改善されていたが、肺がん、前立腺がん、皮膚の悪性黒色腫、アルツハイマー病、交通事故、病欠、脳腫瘍、心疾患を有する新生児の割合が、いずれも 1997 年以降に突然悪化し始めたことを見出した。Hallberg 等は、この変化は診断の改善だけでは説明できそうになく、携帯電話、基地局及びその他の通信技術からの GHz RF の人口集団へのばく露の増加とのつながりは排除できないとしている。
- (3) Inyang 等[38]は、若年者の携帯電話使用の側性についての自己申告の精度を検証した。30 人の生徒 ( $14 \pm 0.4$  歳) について、455 回の通話をモニタした。参加者は、側性 (頭部の左右)、日時、通話回数・時間等のドシメトリのパラメータを記録するハードウェア改変型携帯電話 (hardware modified phone (以下、「HMP」という。)) を 1 週間使用した。これらの標準的指標を、質問票に対する自己申告による側性、及び典型的な 1 週間の携帯電話使用の推定値と比較した。その結果、携帯電話使用の側性についての HMP データと自己申告との間には良好な一致が見られた ( $\kappa=0.3$ 、 $95\%CI=0.0-0.6$ )。通話件数についての HMP データと自己申告との間の一致は良好で、階層内の相関係数 (intraclass correlation coefficient (以下、「ICC」という。))  $=0.38$  ( $0.07-0.69$ ) であったが、通話時間については一致しなかった ( $ICC= - 0.01$ )



(0.00-0.37))。Inyang 等は、「これらの結果は、若年者の携帯電話使用の側性についての自己申告の妥当性は限定的であることを示唆している。若年者の通話件数及び通話時間についての自己申告は全体として不正確だが、これは成人についての最近の研究と同等である。携帯電話使用についての自己申告の情報に基づく疫学研究は、健康影響との間の真の関連を過小評価するかも知れない」と結論付けている。

(4) Johansson 等[39]は、研究及び臨床的観察で、症状の罹患率、心理学的要因、予後に関して、携帯電話関連症状 (mobile phone related symptoms (以下、「MPRS」という。)) と EHS との間の違いが示唆されていることから、電磁界に関連した、または関連しない症状、不安感、うつ状態、身体化障害、疲労感、及びストレスを、MPRS または EHS を呈する人々、住民集団ベースのサンプル、及び電磁界関連の症状を呈さない対照群において評価した。自己申告のアンケートを用いて、MPRS を呈する 45 人及び EHS を呈する 71 人を、住民集団ベースのサンプル (106 人) 及び対照群 (63 人) と比較した。その結果、電磁界に関連した、または電磁界に関連しない症状のいずれについても、EHS 群は MPRS 群よりも多くの症状を報告した。MPRS 群は、体性感覚的症狀の罹患率を多く報告した。自己申告による個人的特徴及びストレスと同様に、症例群間の違いは、身体化障害及び無気力状態についてのみであった。対照群との比較では、MPRS 群は疲労感及びうつ状態のレベルが高いが、不安感、身体化障害、ストレスについては高くはないことが示された。EHS 群は、ストレスを除く全てについてレベルが高いことが示された。Johansson 等は、「これらの知見は、特定の電磁界発生源に関連した症状を呈する人々と、全般的な EHS の人々では、症状、不安感、うつ状態、身体化障害、疲労感、ストレスに関して違いがあるという考えを支持している。患者の管理においてはこの違いが重要なようである」と結論付けている。

(5) Kristiansen 等[44]は、デンマークの 15 歳以上の 1004 人を対象とした 2006 年の電話調査のデータを用いて、携帯電話の RF についての懸念の広がり、特徴及び決定因子について調べた。回答者の 28%が携帯電話の RF ばく露を、15%が基地局からの RF ばく露を懸念していた。対照的に、82%が環境汚染を懸念していた。約半数の回答者は、第 3 世代携帯電話及び基地局による死亡リスクは落雷と同程度 (年間 100 万人あたり 0.1 人の死亡) と考えているが、7%はタバコによる肺がんに対応する (年間 100 万人あたり 500 人の死亡) と答えていた。女性では、携帯電話の RF についての懸念は、最終学歴、認知上の携帯電話の死亡リスク、及び新技術がもたらす未知

の結果についての懸念と正の関連があった。2/3 以上の回答者が、第 3 世代携帯電話システムに関する十分な公的情報を与えられていないと感じていた。本研究の結果は、大多数の人々は携帯電話の RF をほとんど懸念していないものの、非常に懸念している少数派がいることを示している。

(6) Kühnlein 等[45]は、移動体通信ネットワークからの RF ばく露が子供の安寧に及ぼす影響の可能性を、個人用ばく露測定装置を用いて調べた。各被験者のばく露データを 24 時間にわたり毎秒測定した。ばく露データの機能的分類の結果、88%の子供が「低ばく露」、12%が「高ばく露」と解釈された。ロジスティック回帰モデルでは、ばく露群の分類と安寧との関連は認められなかった。

(7) Marino 等[52]は、携帯電話からの RF 及び ELF 電磁界の有無、または電磁界のばく露の前後でヒトの脳の電氣的活動を比較した先行研究における報告を分析した。55 編の報告のうち、37 編が脳電図の基底値または事象関連電位の変化として反映される視聴覚刺激の認識処理に対する電磁界の影響を主張し、18 編は影響を否定した。陽性の報告は、有意水準未満の P 値を持つ検定試行が 1 回もない確率や、RF と ELF の交絡を適切に考慮していなかった。陰性の報告には、陽性対照も検出力の分析も含まれていなかった。ほぼ全ての報告は、脳はその周囲と平衡状態にあるという不正確な仮定に基づいていた。全体として、携帯電話の RF 及び ELF 電磁界による脳への再現可能な影響の存在に関して、これらの報告が生み出している疑義は、携帯電話業界の主張を正当化しているようであるが、これらの報告のうち少なくとも 87% に、同業界が資金の全額または一部を助成していた。Marino 等は、同業界の認識の枠組みと免責事項が共通していること、利益相反に関する情報が欠如していること、また、主な電磁界研究論文誌への産業界の寄付についての分析から、陽性の報告に対する疑義は産業界が捏造したものであると推量している。Marino 等は、「脳の電氣的活動の測定値として反映される、携帯電話 RF の病態生理学に関する重大な科学的疑問は未解決のままであり、本質的に対応されていない」と結論付けている。

(8) Thomas 等[76]は、RF ばく露の測定値と子供及び若年者の行動学的問題との関連の可能性を調べた。ドイツ南部バイエルン州の 4 都市の住民登録から、子供 1498 人及び若年者 1524 人を無作為抽出した。被験者の精神衛生、社会人口動態学的特性、潜在的交絡因子についてのデータを聞き取りにより収集した。精神衛生学的行動はアンケートを用いて評価した。個人用測定装置を用いて 24 時間超の RF ばく露の特徴

を得た。覚醒中のばく露レベルは参考レベルに対する平均割合 (%) で表した。全体として、RF ばく露は参考レベルよりも遥かに低かった。子供の 7% 及び若年者の 5% が、異常な精神的行動を示した。若年者のうち RF ばく露の測定値が上位 4 分の 1 の集団が、全体的な行動学的問題と関連していた (OR=2.2、95%CI=1.1-4.5)。Thomas 等は、「本研究の知見を確認するため、個人ドシメトリを用いた更なる研究が是認される」と結論付けている。

- (9) zur Nieden 等[80]は、携帯電話技術と因果関係のある「症状及び疾病の罹患率の急増」を主張したドイツの医師らのアピール (2002) や、その後に各国及び欧州規模で公表された幾つかの更なるアピールで、「劇的に増加」または成人において高頻度で生じているとされている各種症状及び疾病 (アルツハイマー病、認知症、睡眠障害、耳鳴り、脳血管性疾患、虚血性心疾患、頭痛、片頭痛) の発症率及び罹患率について、移動体通信技術の広範な使用開始以降の明確な時間的傾向の有無を調べた。1993-2005 年の期間を対象に、米国立医学図書館のオンライン・データベース "PubMed" 及びその他の国及び国際機関 (欧州及び米国) のデータベースにおいて、キーワード検索による調査を実施した。その結果、1993 年までは、検討対象の症状または疾病のいずれについても「劇的な増加」は認められなかった。診断の違い、及び研究で用いられている用語の違いのため直接比較は困難である。入手可能なデータについては、比較可能性が限定的であることを考慮しても、時間的に関連した増加や、確実に「劇的な増加」を認めることはできなかった。zur Nieden 等は、「この分析は、上述のアピールでの主張は、公衆衛生上のデータによって支持されないことを強く示唆している」と結論付けている。

### Ⅲ 今後の研究課題

本報告書を総括する意味で、今後の研究課題について言及する。

これまでと同様に、電波防護指針値あるいは ICNIRP のガイドライン値以下の電波ばく露に伴う健康影響は、確認されていない。しかしながら、携帯電話の長期使用に伴う健康影響については、IARC のコーディネートによる INTERPHONE Study の全体的な結果が未だに公表されておらず、その結果を慎重に検討する必要がある。

子供の携帯電話使用に伴う健康影響についても、これまでのところ裏付けとなる証拠は確認されていないが、現時点での知見は限定的であることが国際機関の報告等で指摘されていることから、この分野での研究の更なる充実が望まれる。

更には、欧州諸国を中心とする国際共同疫学研究への参加や、アルツハイマーなどの神経変性疾患との関連性、ヒト由来の細胞を用いた研究の実施が考えられる。また、電波防護指針値の妥当性に関する評価も必要である。

なお、本報告では社会科学研究について言及していないが、電波ばく露影響に関するリスク認知は高く、これまで得られた科学的知見との間に大きなギャップが存在していることは、否めない。よって、従来行われてきた自然科学的研究のみならず、その結果をどの様にすれば、公衆へ理解して貰えるかの検証や方法論の確立も重要である。以下にこれまで行った電波の健康影響に関するレビューに基づいて、今後の研究課題をテーマ毎に提案する。

#### 疫学研究

1. 携帯電話と脳腫瘍に関する既存の疫学データに基づいた総合的なメタ分析を実施すべきである。INTERPHONE 研究のデータプールを使用して、ばく露評価、リコールバイアスを含むバイアス要因を検証する必要がある。
2. 仮に携帯電話の使用がかなり大きな脳腫瘍発生リスクであれば、既存のデータ・ソースの中でそのことが観察されるはずである。よって、高品質の監視データが利用可能であれば、脳腫瘍の罹患率と携帯電話などワイヤレス通信の発達普及との関連性を監視する生態学的調査が役立つ。
3. 成人におけるアルツハイマーやパーキンソン病などの神経疾患に関するケース・コントロール研究。
4. 多くの子供が、若年齢で携帯電話を使用し始めている。CEFALO や MOBI-KIDS といった脳腫瘍に的を絞った疫学研究が実施されている。しかし、子供におけ

る携帯電話使用と行動障害や神経障害に関する研究は未着手である。よってこれに関するコホート研究を行う必要がある。

5. 上記のいずれの研究においてもばく露評価を可能な限り正確に実施することが求められる。

### ヒト実験室研究

1. 低レベルの携帯電話シグナルばく露が EEG に与える影響については、影響ありとするものと影響なしとするものとに二分されている。更に、影響ありとする研究結果の総合的評価を通して、一定の明確なパターンが確認されていない。高周波ばく露が EEG に与える影響について細心の注意でコントロールされた研究を実施し、考えられる人為的影響（例：電波の電極へのカップリングなど）を考慮することが、この問題の解明に資するものと思われる。

### 動物研究

1. 幾つかの動物実験において、低レベルの電波ばく露では血液脳関門と微小循環に影響を及ぼさないことが報告されているが、こうした研究における時間温度閾値と用量反応の明確化。
2. アルツハイマー発症動物モデルなどを用いた電波ばく露の神経変性疾患への影響評価。
3. ミリ波帯の電波機器が普及する事が予想されるので、ミリ波帯のばく露影響評価。

### 試験管内研究

1. 様々な熱レベルにおける RF ばく露の時間温度閾値をより明確にする目的で、中枢神経系の感受性細胞（血管内皮細胞、アストロサイト、グリア細胞、ニューロン）、皮膚（ケラチノサイト）、精巣を用いた研究。
2. 電波と他の環境因子との複合影響について、上記の細胞などを用いた研究。

## IV 参考文献

- [1] Abramson MJ, Benke GP, Dimitriadis C, Inyang IO, Sim MR, Wolfe RS, Croft RJ. Mobile telephone use is associated with changes in cognitive function in young adolescents. *Bioelectromagnetics* 2009;30(8):678-686.
- [2] Ahlbom A, Feychting M, Green A, Kheifets L, Savitz DA, Swerdlow AJ; ICNIRP (International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection) Standing Committee on Epidemiology. Epidemiologic evidence on mobile phones and tumor risk: A Review. *Epidemiology* 2009;20(5):639-652.
- [3] Atay T, Aksoy BA, Aydogan NH, Baydar ML, Yildiz M, Ozdemir R. Effect of electromagnetic field induced by radio frequency waves at 900 to 1800 MHz on bone mineral density of iliac bone wings. *J Craniofac Surg* 2009;20(5):1556-1560.
- [4] Belyaev IY, Markovà E, Hillert L, Malmgren LO, Persson BR. Microwaves from UMTS/GSM mobile phones induce long-lasting inhibition of 53BP1/γ-H2AX DNA repair foci in human lymphocytes. *Bioelectromagnetics* 2009;30(2):129-141.
- [5] Berg-Beckhoff G, Blettner M, Kowall B, Breckenkamp J, Schlehofer B, Schmiedel S, Bornkessel C, Reis U, Potthoff P, Schüz J. Mobile phone base stations and adverse health effects: phase 2 of a cross-sectional study with measured radio frequency electromagnetic fields. *Occup Environ Med.* 2009;66(2):124-130.
- [6] Breckenkamp J, Berg-Beckhoff G, Münster E, Schüz J, Schlehofer B, Wahrendorf J, Blettner M. Feasibility of a cohort study on health risks caused by occupational exposure to radiofrequency electromagnetic fields. *Environ Health* 2009;8:23.
- [7] Brescia F, Sarti M, Massa R, Calabrese ML, Sannino A, Scarfi MR. Reactive oxygen species formation is not enhanced by exposure to UMTS 1950 MHz radiation and co-exposure to ferrous ions in Jurkat cells. *Bioelectromagnetics* 2009;30(7):525-535.
- [8] Budak GG, Muluk NB, Budak B, Oztürk GG, Apan A, Seyhan N. Effects of intrauterine and extrauterine exposure to GSM-like radiofrequency on distortion product otoacoustic emissions in infant male rabbits. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2009;73(3):391-399.

- [9] Budak GG, Muluk NB, Budak B, Oztürk GG, Apan A, Seyhan N. Effects of GSM-like radiofrequency on distortion product otoacoustic emissions of rabbits: comparison of infants versus adults. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2009;73(8):1143-1147.
- [10] Centre de recerca en epidemiologia ambiental (CREAL). Are communication technologies and environmental exposures risk factors for brain cancer in young people? 11 Mai 2009.  
<http://www.mbkds.com/news/press-release-11052009>
- [11] Committee on Man and Radiation (COMAR). COMAR Technical Information Statement: Expert reviews on potential health effects of radiofrequency electromagnetic fields and comments on the BioInitiative Report. *Health Phys* 2009;97(4):348-356.
- [12] Daniels WMU, Pitout IL, Afullo TJO, Mabandla MV. The effect of electromagnetic radiation in the mobile phone range on the behaviour of the rat. *Metab Brain Dis* 2009;24(4):629-641.
- [13] Danish National Board of Health (Sundhedsstyrelsen), Finnish Radiation and Nuclear Safety Authority (Säteilyturvakeskus, STUK), Icelandic Radiation Safety Authority (Geislavarnir Ríkisins), Norwegian Radiation Protection Authority (Statens strålevern), Swedish Radiation Safety Authority (Strålsäkerhetsmyndigheten). Exposure of the general public to radiofrequency electromagnetic fields. A joint statement from the Nordic Radiation Safety Authorities. 16 November 2009.  
[http://www.stuk.fi/stuk/tiedotteet/2009/en\\_GB/news\\_578/files/82468697241813139/default/Nordic Statement-EMF161109.pdf](http://www.stuk.fi/stuk/tiedotteet/2009/en_GB/news_578/files/82468697241813139/default/Nordic%20Statement-EMF161109.pdf)
- [14] Dasdag S, Akdag MZ, Ulukaya E, Uzunlar AK, Ocak AR. Effect of Mobile Phone Exposure on Apoptotic Glial Cells and Status of Oxidative Stress in Rat Brain. *Electromagn Biol Med* 2009;28(4):342-354.
- [15] Dahmen N, Ghezel-Ahmadi D, Engel A. Blood laboratory findings in patients suffering from self-perceived electromagnetic hypersensitivity (EHS). *Bioelectromagnetics* 2009;30(4):299-306.
- [16] Dawe AS, Bodhicharla RK, Graham NS, May ST, Reader T, Loader B, Gregory A, Swicord M, Bit-Babik G, de Pomerai DI. Low-intensity microwave irradiation does not substantially alter gene expression in late larval and adult *Caenorhabditis elegans*. *Bioelectromagnetics* 2009;30(8):602-12.

- [17] de Gannes FP, Billaudel B, Taxile M, Haro E, Ruffié G, Lévêque P, Veyret B, Lagroye I. Effects of Head-Only Exposure of Rats to GSM-900 on Blood-Brain Barrier Permeability and Neuronal Degeneration. *Radiat Res* 2009;172(3):359-367.
- [18] de Gannes FP, Taxile M, Duleu S, Hurtier A, Haro E, Geffard M, Ruffié G, Billaudel B, Lévêque P, Dufour P, Lagroye I, Veyret B. A Confirmation Study of Russian and Ukrainian Data on Effects of 2450 MHz Microwave Exposure on Immunological Processes and Teratology in Rats. *Radiat Res* 2009;172(5):617-624.
- [19] Deltour I, Johansen C, Auvinen A, Feychting M, Klaeboe L, Schuez J. Brief communication. Time Trends in Brain Tumor Incidence Rates in Denmark, Finland, Norway, and Sweden, 1974-2003. *J Natl Cancer Inst* 2009;101(24):1721-1724.
- [20] Del Vecchio G, Giuliani A, Fernandez M, Mesirca P, Bersani F, Pinto R, Ardoino L, Lovisolo GA, Giardino L, Calzà L. Continuous exposure to 900MHz GSM-modulated EMF alters morphological maturation of neural cells. *Neurosci Lett* 2009;455(3):173-177.
- [21] Del Vecchio G, Giuliani A, Fernandez M, Mesirca P, Bersani F, Pinto R, Ardoino L, Lovisolo GA, Giardino L, Calzà L. Effect of radiofrequency electromagnetic field exposure on in vitro models of neurodegenerative disease. *Bioelectromagnetics* 2009;30(7):564-72.
- [22] Dolan M, Rowley J. The precautionary principle in the context of mobile phone and base station radiofrequency exposures. *Environ Health Perspect* 2009;117(9):1329-1332.
- [23] Eltiti S, Wallace D, Ridgwell A, Zougkou K, Russo R, Sepulveda F, Fox E. Short-term exposure to mobile phone base station signals does not affect cognitive functioning or physiological measures in individuals who report sensitivity to electromagnetic fields and controls. *Bioelectromagnetics* 2009;30(7):556-563.
- [24] Fragopoulou AF, Miltiadous P, Stamatakis A, Stylianopoulou F, Koussoulakos SL, Margaritis LH. Whole body exposure with GSM 900MHz affects spatial memory in mice. *Pathophysiology* 2009;doi:10.1016/j.pathophys.2009.11.002



- [25] Franzellitti S, Valbonesi P, Ciancaglini N, Biondi C, Contin A, Bersani F, Fabbri E. 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. *Mutat Res* 2009;doi:10.1016/j.mrfmmm.2009.10.004 [in press]
- [26] Galloni P, Lopresto V, Parazzini M, Pinto R, Piscitelli M, Ravazzani P, Marino C. No effects of UMTS exposure on the function of rat outer hair cells. *Bioelectromagnetics* 2009;30(5):385-92.
- [27] Ghezel-Ahmadi D, Engel A, Weidemann J, Budnik LT, Baur X, Frick U, Hauser S, Dahmen N. Heavy metal exposure in patients suffering from electromagnetic hypersensitivity. *Sci Total Environ* 2009;doi:10.1016/j.scitotenv.2009.11.023 [in press]
- [28] Goldwein O, Aframian DJ. The influence of handheld mobile phones on human parotid gland secretion. *Oral Dis* 2009;doi: 10.1111/j.1601-0825.2009.01620.x. [in press]
- [29] Hallberg O, Johansson O. Apparent decreases in Swedish public health indicators after 1997 - Are they due to improved diagnostics or to environmental factors? *Pathophysiology* 2009;16(1):43-46.
- [30] Han YY, Kano H, Davis DL, Niranjana A, Lunsford LD. Cell phone use and acoustic neuroma: the need for standardized questionnaires and access to industry data. *Surg Neurol* 2009;72(3):216-222.
- [31] Hardell L, Carlberg M. Mobile phones, cordless phones and the risk for brain tumours. *Int J Oncol* 2009;35:5-17.
- [32] Hartikka H, Heinävaara S, Mäntylä R, Kähärä V, Kurttio P, Auvinen A. Mobile phone use and location of glioma: a case-case analysis. *Bioelectromagnetics* 2009;30(3):176-182.
- [33] Hässig M, Jud. F Naegeli H, Kupper J, Spiess BM. Prevalence of nuclear cataract in Swiss veal calves and its possible association with mobile telephone antenna base stations. *Schweiz Arch Tierheilkd* 2009;151(10):471-478.

- [34] Health Council of the Netherlands. Electromagnetic Fields: Annual Update 2008. No. 2009/02, The Hague, March 19, 2009.  
<http://www.gezondheidsraad.nl/sites/default/files/summary%20Annual%20Elf%202008.pdf>
- [35] Health Physics Society. Fact Sheet: Mobile telephones. September 2009.  
<http://hps.org/documents/mobiletelephonestatsheet.pdf>
- [36] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. ICNIRP 16/2009. Exposure to High-Frequency Electromagnetic Fields, Biological Effects and Health Consequences (100 kHz-300 GHz). Review of the scientific evidence on dosimetry, biological effects, epidemiological observations, and health consequences concerning exposure to high frequency electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). Editors: Paolo Vecchia, Ruediger Matthes, Gunde Ziegelberger, James Lin, Richard Saunders, Anthony Swerdlow.  
<http://www.icnirp.de/documents/RFReview.pdf>
- [37] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. ICNIRP Statement on the "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)". Health Phys 2009;97(3):257-258.
- [38] Inyang I, Benke GP, McKenzie R, Wolfe R, Abramson MJ. A new method to determine laterality of mobile telephone use in adolescents. Occup Environ Med 2009;doi:10.1136/oem.2009.049676 [in press]
- [39] Johansson A, Nordin S, Heiden M, Sandstrom M. Symptoms, personality traits, and stress in people with mobile phone-related symptoms and electromagnetic hypersensitivity. J Psychosom Res 2010; 68(1):37-45.
- [40] Kesari KK, Behari J. Microwave Exposure Affecting Reproductive System in Male Rats. Appl Biochem Biotechnol. 2009 [in press]
- [41] Khurana VG, Teo C, Kundi M, Hardell L, Carlberg M. Cell phones and brain tumors: a review including the long-term epidemiologic data. Surg Neurol 2009;72(3):205-214.
- [42] Korpinen LH, Pääkkönen RJ. Self-report of physical symptoms associated with using mobile phones and other electrical devices. Bioelectromagnetics 2009;30(6):431-437.

- [43] Koyu A, Ozguner F, Yilmaz H, Uz E, Cesur G, Ozcelik N. The protective effect of caffeic acid phenethyl ester (CAPE) on oxidative stress in rat liver exposed to the 900 MHz electromagnetic field. *Toxicol Ind Health* 2009;25(6):429-434.
- [44] Kristiansen IS, Elstein AS, Gyrd-Hansen D, Kildemoes HW, Nielsen JB. Radiation from mobile phone systems: Is it perceived as a threat to people's health? *Bioelectromagnetics* 2009;30(5):393-401.
- [45] Kühnlein A, Heumann C, Thomas S, Heinrich S, Radon K. Personal exposure to mobile communication networks and well-being in children--a statistical analysis based on a functional approach. *Bioelectromagnetics* 2009;30(4):261-269.
- [46] Kwon MS, Kujala T, Huotilainen M, Shestakova A, Näätänen R, Hämäläinen H. Preattentive auditory information processing under exposure to the 902 MHz GSM mobile phone electromagnetic field: a mismatch negativity (MMN) study. *Bioelectromagnetics* 2009;30(3):241-248.
- [47] Kwon MS, Huotilainen M, Shestakova A, Kujala T, Näätänen R, Hämäläinen H. No effects of mobile phone use on cortical auditory change-detection in children: An ERP study. *Bioelectromagnetics* 2009;doi:10.1002/bem.20546. [in press]
- [48] Kwon MS, Jääskeläinen SK, Toivo T, Hämäläinen H. No effects of mobile phone electromagnetic field on auditory brainstem response. *Bioelectromagnetics* 2010;31(1):48-55.
- [49] Lee HJ, Lee JS, Pack JK, Choi HD, Kim N, Kim SH, Lee YS. Lack of Teratogenicity after Combined Exposure of Pregnant Mice to CDMA and WCDMA Radiofrequency Electromagnetic Fields. *Radiat Res* 2009;172(5):648-652.
- [50] Lerchl A, Bornkessel C. Letter to the Editor on 'Effects of exposure to a mobile phone on testicular function and structure in adult rabbit' by Salama et al. *Int J Androl.* 2009;doi: 10.1111/j.1365-2605.2009.00983.x [in press]
- [51] Mailankot M, Kunnath AP, Jayalekshmi H, Koduru B, Valsalan R. Radio frequency electromagnetic radiation (RF-EMR) from GSM (0.9/1.8GHz) mobile phones induces oxidative stress and reduces sperm motility in rats. *Clinics* 2009;64(6):561-565.

- [52] Marino AA, Carrubba S. The effects of mobile-phone electromagnetic fields on brain electrical activity: A critical analysis of the literature. *Electromagn Biol Med* 2009;28(3):250-274.
- [53] Masuda H, Ushiyama A, Takahashi M, Wang J, Fujiwara O, Hikage T, Nojima T, Fujita K, Kudo M, Ohkubo C. Effects of 915 MHz electromagnetic-field radiation in TEM cell on the blood-brain barrier and neurons in the rat brain. *Radiat Res* 2009;172(1):66-73.
- [54] McNamee JP, Chauhan V. Radiofrequency Radiation and Gene/Protein Expression: A Review. *Radiat Res* 2009;172(3):265-287.
- [55] McQuade JM, Merritt JH, Miller SA, Scholin T, Cook MC, Salazar A, Rahimi OB, Murphy MR and Mason PA. Radiofrequency-Radiation Exposure Does Not Induce Detectable Leakage of Albumin Across the Blood-Brain Barrier. *Radiat Res* 2009;171(5):615-621.
- [56] Mizuno Y, Moriguchi Y, Hikage T, Terao Y, Ohnishi T, Nojima T, Ugawa Y. Effects of W-CDMA 1950 MHz EMF emitted by mobile phones on regional cerebral blood flow in humans. *Bioelectromagnetics* 2009;30(7):536-544.
- [57] Moisescu MG, Leveque P, Verjus MA, Kovacs E, Mir LM. 900 MHz modulated electromagnetic fields accelerate the clathrin-mediated endocytosis pathway. *Bioelectromagnetics* 2009;30(3):222-230.
- [58] Myung SK, Ju W, McDonnell DD, Lee YJ, Kazinets G, Cheng CT, Moskowitz JM. Mobile phone use and risk of tumors: A meta analysis. *J Clin Oncol* 2009; 27(33):5565-5572.
- [59] Nam KC, Lee JH, Noh HW, Cha EJ, Kim NH, Kim DW. Hypersensitivity to RF fields emitted from CDMA cellular phones: a provocation study. *Bioelectromagnetics* 2009;30(8):641-50.
- [60] National Toxicology Program. Cell phone radiofrequency radiation studies. September 2009.  
<http://www.niehs.nih.gov/health/docs/cell-phone-fact-sheet.pdf>
- [61] Naziroğlu M, Gümral N. Modulator effects of L-carnitine and selenium on wireless devices (2.45 GHz)-induced oxidative stress and electroencephalography records in brain of rat. *Int J Radiat Biol* 2009;85(8):680-689.

- [62] Parazzini M, Sibella F, Lutman ME, Mishra S, Moulin A, Sliwinska-Kowalska M, Woznicka E, Politanski P, Zmyslony M, Thuroczy G, Molnár F, Kubinyi G, Tavartkiladze G, Bronyakin S, Uloziene I, Uloza V, Gradauskiene E, Ravazzani P. Effects of UMTS Cellular Phones on Human Hearing: Results of the European Project "EMFnEAR". *Radiat Res* 2009;172(2):244-251.
- [63] Rothman KJ. Health Effects of Mobile Telephones. *Epidemiology* 2009;20(5):653-655.
- [64] Rubin GJ, Nieto-Hernandez R, Wessely S. Review: Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (formerly electromagnetic hypersensitivity): An updated systematic review of provocation studies. *Bioelectromagnetics* 2010;31(1):1-11.
- [65] Salama N, Kishimoto T, Kanayama HO. Effects of exposure to a mobile phone on testicular function and structure in adult rabbit. *Int J Androl*. 2008;doi:10.1111/j.1365-2605.2008.00940.x [in press]
- [66] Salama N, Kishimoto T, Kanayama HO. Authors response on Letter to the Editor on 'Effects of exposure to a mobile phone on testicular function and structure in adult Rabbit' by Salama et al. *Int J Androl*. 2009;doi:10.1111/j.1365-2605.2009.00984.x [in press]
- [67] Salama N, Kishimoto T, Kanayama HO, Kagawa S. Effects of exposure to a mobile phone on sexual behavior in adult male rabbit: an observational study. *Int J Impot Res* 2009;doi:10.1038/ijir.2009.57 [in press]
- [68] Salama N, Kishimoto T, Kanayama HO, Kagawa S. The mobile phone decreases fructose but not citrate in rabbit semen: a longitudinal study. *Syst Biol Reprod Med* 2009;55(5):181-187.
- [69] Sannino A, Sarti M, Reddy SB, Prihoda TJ, Vijayalaxmi, Scarfi MR. Induction of adaptive response in human blood lymphocytes exposed to radiofrequency radiation. *Radiat Res* 2009;171(6):735-742.
- [70] Sannino A, Di Costanzo G, Brescia F, Sarti M, Zeni O, Juutilainen J, Scarfi MR. 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). *Radiat Res* 2009;171(6):743-751.

- [71] Schoemaker MJ, Swerdlow AJ. Risk of pituitary tumors in cellular phone users: A case-control study. *Epidemiology* 2009; 20(3):348-354.
- [72] Schüz J, Waldemar G, Olsen JH, Johansen C. Risks for central nervous system diseases among mobile phone subscribers: a Danish retrospective cohort study. *PLoS One*. 2009;4(2):e4389.
- [73] Sirav B, Seyhan N. Blood-brain barrier disruption by continuous-wave radio frequency radiation. *Electromag Biol Med* 2009;28:215-222.
- [74] Sommer AM, Grote K, Reinhardt T, Streckert J, Hansen V, Lerchl A. Effects of radiofrequency electromagnetic fields (UMTS) on reproduction and development of mice: a multi-generation study. *Radiat Res* 2009;171(1):89-95.
- [75] Takahashi S, Imai N, Nabae K, Wake K, Kawai H, Wang J, Watanabe S, Kawabe M, Fujiwara O, Ogawa K, Tamano S, Shirai T. Lack of Adverse Effects of Whole-Body Exposure to a Mobile Telecommunication Electromagnetic Field on the Rat Fetus. *Radiat Res* 2009;doi:10.1667/RR1615.1
- [76] Thomas S, Heinrich S, von Kries R, Radon K. Exposure to radio-frequency electromagnetic fields and behavioural problems in Bavarian children and adolescents *Eur J Epidemiol* 2009;doi:10.1007/s10654-009-9408-x
- [77] Verschaeve L. Genetic damage in subjects exposed to radiofrequency radiation. *Mutat Res* 2009;681(2-3):259-270.
- [78] Yan JG, Agresti M, Zhang LL, Yan Y, Matloub HS. Qualitative Effect on mRNAs of Injury-Associated Proteins by Cell Phone Like Radiation in Rat Facial Nerves. *Electromagn Biol Med* 2009;28(4):383-390.
- [79] Wiedemann P, Schuetz H, Boerner F, Berg-Beckhoff G, Croft R, Lerchl A, Martens L, Neubauer G, Regel S, Repacholi M. Children's health and RF EMF exposure. Forschungszentrum Jülich GmbH. September 2009. <http://juwel.fz-juelich.de:8080/dspace/handle/2128/3683>
- [80] zur Nieden A, Dietz C, Eikmann T, Kiefer J, Herr CE. Physicians appeals on the dangers of mobile communication - what is the evidence? Assessment of public health data. *Int J Hyg Environ Health* 2009;212(6):576-587.

## V 参 考 资 料

オランダ保健審議会 (HCN)  
「電磁界に関する年次報告 2008」



## オランダ保健審議会 (HCN)

### 「電磁界に関する年次報告 2008」

#### 【エグゼクティブ・サマリ】

本書は、電磁界委員会の第5回年次報告である。本委員会は、当該期間中に公表された諮問報告の概略を示した後、科学的データの分析に用いたアプローチと手法を詳述している。これに従い、以下の2つのテーマについて論じている：

- ・ 無線周波電磁界が脳の活動に及ぼす影響力
- ・ そのような電磁界のばく露と症状の発生との間の関連

#### [本委員会は情報をどのように評価しているか]

電磁界ばく露の健康影響に関する本委員会の結論は科学的データに基づいている。これらのデータの正しい解釈のためには、研究の質及びデータ収集・分析方法についての洞察が非常に重要である。評価に当たり、本委員会は研究の質に多くの重みを置いた。関連または影響が存在することがもっともらしいかどうかについての提言を作成するため、本委員会は個別の基準を幾つか適用した。

疫学研究はヒトにおける影響を検討するものであるため、分析全体において特別な地位を有している。ゆえに、ヒト実験研究と共に非常に重要である。但し、疫学研究には、因果関係を確立するのがたいてい困難であるという問題がある。その理由の1つは、疫学研究の結果は幾つかの手法上の理由により歪められる可能性があるためである。これは原因と結果についての間違っただけの印象につながるかも知れない。ゆえに、本委員会は疫学研究の評価に際し、可能性のある交絡因子及びバイアスを常に検討する。これらについては本報告で詳細に論じている。

本委員会の全体的な結論は、両方の関連する全ての利用可能な科学的情報、即ち、疫学データ及びヒト・動物・試験管内の実験研究からのデータに基づいている。このプロセスにおいて、個別の研究の科学的価値を考慮する。こうして、証拠の重みに基づいた判断に達する。この手法は科学界が最も重要と見なしており、他の専門委員会もしばしば用いている。

### [生物学的影響と健康影響]

ヒトのような多細胞生物は、個別の細胞や臓器の単なる集合体ではなく、とりわけ、可能性のある有害な影響力または状況を中和するメカニズムを利用する能力に由来する付加価値を有している。このようなメカニズムが、多細胞生物の主な生命維持機能、いわゆる恒常性を維持している。

ゆえに、生体系への影響は必ずしも健康への悪影響につながるものではない。恒常性が維持できなくなった場合、つまり、生物学的影響が潜在的に有害となり、補正できない、または十分に補正されなくなる場合にのみ、健康影響が生じることになる。

### [脳の活動]

携帯電話を通話中に頭部に向けて保持した場合、主に携帯電話に最も近づく脳の一部が放射される電磁界にばく露される。近年、これによって脳の機能に生じる可能性のある影響に関する研究が数多く実施されている。

一部の研究で、携帯電話から放射される電磁界のばく露の結果として、脳内の自然の電気的プロセスにおける僅かな変化が観察されている。但し、現行の知識によれば、これらは健康への影響力のない非常に小さな影響である。認識機能への影響に関する研究はどちらにも解釈できる：小さな可逆的影響が観察された研究もあれば、影響が見られなかった研究もある。聴覚機能及び身体のバランスは携帯電話の信号に影響されないようである。

まとめると、脳機能への影響が幾つか観察されているが、これらが健康影響を示している、または健康影響につながることは示されていない。

### [各種症状]

各種の症状を、家庭内や職場にある様々な電磁界発生源に帰属させる人々の数は増加しているようである。彼らは、例えば頭痛や片頭痛、疲労感、不眠、集中力の問題、かゆみや温感を報告している。そうした症状に基づいて自身を電気過敏症と見なす人々の数も、同様に増加しているようである。人々は特に、自身の症状を携帯電話、基地局、DECT 規格コードレス電話に帰属させており、無線コンピュータ・ネットワークシステムに帰属させる人々も増えている。

一般公衆において、問題とされるこれらの症状の罹患率は高い。医学的説明が見つからないこともしばしばあり、そのような場合、彼らは一般に、医学的に説明できない身

体的症状とされる。

電磁界のばく露と症状の発生との間のつながりの可能性について、生活環境及び実験室の両方で研究が実施されている。これらの研究のうち幾つかは、デザインが適切ではなく、本分析に利用できない。質の良い科学的データからは、無線周波電磁界のばく露と症状の発生との間に因果関係はないという全体像が浮かび上がる。但し、症状とばく露されているという仮定との間には関連があり、ゆえに、リスク認知との関連は極めてありそうである。しかしながら、症状は確かに存在しており、解決策を必要としている。

環境疫学研究センター (CREAL、スペイン)  
「通信技術と若年者の脳のがんに関する環境ばく露リスク因子」

## 環境疫学研究センター (CREAL)

### 「通信技術と若年者の脳のがんに関する環境ばく露リスク因子」

子供の悪性疾患のうち、脳腫瘍は白血病に次いで 2 番目に一般的である。最近、20 歳未満の若年者におけるこれらの腫瘍の発症率が増加している。生存率は顕著に向上しているものの、脳腫瘍の予防は重要な目的であり、難題であり続けている。

これまでのところ、脳腫瘍のリスク因子についてはほとんど知られていない。幾つかの因子（例：電離放射線被ばく）及び脳のがんの家族歴が、脳腫瘍の発症リスクを高めることが知られている。その他の環境因子（例：化学物質のばく露、妊娠中の栄養状態、携帯電話使用を含む電磁界のばく露）が脳腫瘍と関連しているかもしれない。後者に関しては、携帯電話及びその他の通信技術の使用は、特に子供について過去 10 年間で劇的に増加しており、若年者の脳のがんの発症におけるその役割はこれまで研究されていない。

若年者の環境リスク因子と脳のがんについての研究における問題の 1 つは、従来の研究に含まれている子供の数が限定的なことである。若年者の脳のがんの頻度は過去数十年間で増加しているかも知れないが、幸いなことに依然としてまれな疾病である。このため、欧州及び欧州以外の 13 カ国の専門家が関与する国際的なマルチセンター研究が、通信機器の使用及びその他の環境リスク因子と脳腫瘍との間の潜在的な関連性を調査する。この研究は、欧州連合及び EU 以外の協力機関から助成を受ける。

5 年間の研究期間で、脳腫瘍に罹っている約 2000 人の 10-24 歳の若年者と、脳腫瘍に罹っていない同程度の人数の若年者に対し、研究への参加を募る。人口統計学的因子、居住歴、及び環境中のリスク因子（若年者の携帯電話使用を含む）に関する質問を網羅する詳細な質問票を用いる。1 年間の準備段階後、研究参加への募集を 2010 年に開始する。

以下のセンターが開始当初から関与する：

- ・ オーストラリア：モナッシュ大学
- ・ オーストリア：ウィーン医科大学
- ・ カナダ：オタワ大学
- ・ フランス：小児がん疫学研究協会、リヨン大学、国立交通安全研究所
- ・ ドイツ：ルドヴィヒ - マクシミリアン大学
- ・ ギリシャ：アテネ大学
- ・ イスラエル：疫学・保健政策研究センター

- イタリア：トリノ大学
- ニュージーランド：オークランド大学
- スペイン：環境疫学研究センター、ウエルバ大学、ヴァレンシア大学
- 台湾：国立台湾大学
- オランダ：ユトレヒト大学

フランス・テレコム社及び英国保健防護庁がばく露評価を支援する。

国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP)  
「高周波電磁界 (100kHz-300GHz) ばく露の生物学的影響及び健康影響」

## 国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP)

### 「高周波電磁界 (100kHz-300GHz) ばく露の生物学的影響及び健康影響」

#### [I. 高周波電磁界のドシメトリ] (略)

#### [II. RF の生物学的影響に関する実験研究のレビュー]

#### ○ 結論

- ・ RF ばく露が生体組織を加熱するメカニズムは十分理解されており、ほとんどの顕著で一貫性のある RF ばく露の影響はこの加熱の影響であり、結果としてヒト被験者及び実験動物に熱に関連する生理学的及び病理学的応答を生じる。加熱は依然として試験管内研究における潜在的交絡因子であり、報告されている陽性的影響の一部はそのためであるかも知れない。
- ・ 最近の懸念は、携帯電話使用の特徴である、より低いレベルの RF 放射のばく露に関するものが多くなっている。非熱的な相互作用の存在の可能性を反証することは原理的に不可能であるが、提案されてきた各種の非熱的メカニズムのもっともらしさは非常に低い。
- ・ がん関連の影響については、最近の試験管内研究、ならびに遺伝毒性及び発がん性についての動物研究は全体としてやや一貫しており、4W/kg までの SAR レベルではそのような影響はありそうにないことを示している。細胞シグナル伝達や遺伝子/タンパク質発現といった遺伝毒性以外のエンドポイントに対する RF の影響に関する試験管内研究については、結果は更に両義的であるが、報告されている RF 放射による変化の度合いは非常に小さく、限られた機能的結果しか生じない。細胞の増殖及び分化、アポトーシス、ならびに細胞の形質転換に関する研究結果は、ほとんどが陰性である。
- ・ 脳の生理学、特に自発的な脳電図における小さな変化の証拠が幾つかあり、睡眠時の脳電図及び局所脳血流の変化についての証拠は更にばらつきが大きい、これらの機能的結果は限定的である；認識機能における変化は認められていない。より一般的な生理学的エンドポイントについては、レーダー等の特徴であるパルス RF の聴覚認知を除いて、非熱的な RF ばく露は循環系の生理学、循環しているホルモンレベル、または聴覚機能に対して一貫性のある影響を及ぼさないことを証拠が示唆している。
- ・ 二重盲検誘発研究からの証拠は、RF ばく露に関連するものと一部の人々に同定されている、頭痛等の自覚症状には、懸念する人々にとっては十分に現実ではあ



るものの、電磁界ばく露との因果的な関連はないことを示唆している。

- ・ 実験データはこれまでのところ、子供は成人よりも RF 放射に対して脆弱であるということを示唆していないが、実施されてきた関連研究は少ない。
- ・ ピーク出力が高いパルス等の RF の影響に関する研究は、やや多様で散発的である；加熱及び聴覚認知に関するもの以外の影響は認められていない。

### [III. RF ばく露の健康影響の疫学]

#### ○ 要旨

現状の知識を要約し、関連する手法上の問題を説明し、今後の研究の計画立案を支援することを目的として、RF がヒトの健康に及ぼす影響についての疫学的知識の広範なレビューを実施した。慢性疾患の因果性に関する疫学研究に着目した；完全を期するため、各種症状に関する疫学研究（そうした研究は通常はボランティアを対象とした実験室研究の方が適しているが）も盛り込んだ。本レビューの目的に照らして、職業ばく露発生源、送信設備、及び携帯電話からの RF ばく露についての研究に関する文献に分類した。

今日までの疫学研究の結果は、RF ばく露と何らかの健康への悪影響との間の因果関係についての一貫性や説得力のある証拠を示してない。他方で、関連性を排除するにはこれらの研究には欠点が多すぎる。全ての研究における重要な懸念は、RF ばく露評価の質である。RF を用いた新技術の急激な成長にもかかわらず、RF 発生源からの集団のばく露についてはほとんどわかっておらず、各種の発生源の相対的重要度については尚更である。今後の研究を改善する上での重要な要素は、個人ばく露をモニタするための測定装置を利用することであろう。より良いばく露評価の必要性は、送信設備に関する研究に関して特に強い。これは、距離とばく露との間の関連が非常に弱いためである。基地局から生じる電磁界は弱いので、健康上の危害を生じる見込みは低いものの、多くの人々がその可能性を懸念している。携帯電話研究におけるもう一つの一般的な懸念は、これまでに調査してきた潜伏期間が必然的に短いことである。このことは、仮に健康影響が生じるには更に長い期間が必要だとすれば、その影響はこれらの研究では検出できなかったことを意味する。大多数の研究は頭頸部の腫瘍に集中してきたが、その他の健康影響に関する研究も同様に正当化されるかも知れない。研究におけるもう一つのギャップは、子供である。子供は携帯電話の更なるヘビーユーザーであり、有害な影響に対して特に感受性が高いかも知れず、長年にわたりばく露を蓄積する可能性がある。

○ 全体的な結論及び勧告

今日までの疫学研究の結果は、**RF**ばく露と何らかの健康への悪影響との間の因果関係についての一貫性や説得力のある証拠を示してない。他方で、関連性を排除するにはこれらの研究には欠点が多すぎる。

ICNIRP 疫学専門委員会 (Ahlbom 等)  
「携帯電話と腫瘍リスクに関する疫学的証拠：レビュー」

「携帯電話と腫瘍リスクに関する疫学的証拠：レビュー」

要旨：

本レビューでは、携帯電話使用による無線周波電磁界ばく露と腫瘍リスクとの間の因果関係の可能性についての疫学的証拠を要約し、解釈している。過去数年間に、携帯電話使用と成人の脳腫瘍及びその他の頭部腫瘍のリスクに関する疫学的証拠は、量的、研究設定上の地理的多様性、及び長期使用者のデータの面で増加した。但し、幾つかの重要な手法上の問題、特に、非回答者の選択バイアス、ならびに携帯電話使用の記憶想起における不正確さ及びバイアスが残されている。神経膠腫については、ほとんどの研究で使用者のリスクの僅かな増加または減少が示されているが、一部では相当のリスク増加が示されている。この逸脱した結果を説明し得る手法上の側面について考察したが、明確な説明は見つからなかった。これまでに発表済みの研究は全体として、いずれの脳腫瘍またはいずれの頭部腫瘍についても、約 10 年以内の使用に伴うリスク増加を示していない。手法上の欠点と、長い潜伏期間及び長期使用に関するデータは限られているものの、入手可能なデータは、(少なくとも、誘導期間が短い腫瘍については) 携帯電話使用と成人の悪性神経膠腫のような成長が早い腫瘍との間の因果関係を示唆していない。髄膜腫や聴神経腫のような成長が遅い腫瘍、ならびに長期使用者の神経膠腫については、これまでのところ関連は報告されていないが、観察期間が短すぎるため、最終的なものではない。

携帯電話使用は極めて急激に増加しており、今やほぼ普遍的となっている国も一部にあり、加入者数は世界全体で 20 億人以上である。この使用増は安全性、特に潜在的がんリスクに関する懸念を生じている。我々は数年前にこの問題をレビューした際、当時の研究は無線周波 (RF) ばく露と何らかの健康への悪影響との間の因果関係についての一貫性のある証拠、または説得力のある証拠を提示していないと結論付けた。但し、そのような研究には不備があったため、関連性を排除することは出来なかった。携帯電話に関する当時の研究は、比較的短い誘導期間及び潜伏期間しか扱うことが出来ず、重度使用者は比較的少数しか含まれていなかった。最近 5 年間に、文献の量は倍以上に増えた。このため我々は、携帯電話使用者の腫瘍リスクに関する蓄積された証拠についての新たなレビューを実施した。

我々のレビュー、及び最近発表された大多数の研究では、耳にあてて保持した携帯電話からのばく露が最大となる脳及び頭部のその他の部位の腫瘍に力点を置いている。こ

れらには、頭部表面近くの神経膠及び髄膜組織、聴神経腫（前庭神経鞘腫）が発生する第8側頭神経の前庭部分、及び耳下腺が含まれる。人体の残りの部位については、皮膚、手、及びその他のハンズフリー装置があてがわれる可能性のある部位を除けば、ばく露は極僅かである。我々はまず、重要な手法上の問題を考察し、その後、それぞれについて相当数の文献がある個々のがん（神経膠腫、髄膜腫、聴神経腫、唾液腺）に関して、研究手法、結果、及び知見の解釈を順次レビューした。

## 手法に関する考察

### ばく露の特徴

最初の携帯電話システムはアナログで、450及び900MHzで作動していた。より高い周波数（1800-1900MHz）で作動し、異なる変調技術を用いるデジタルシステムは、1990年代の前半に普及が始まった。2004年頃には、1900-2200MHzの周波数で作動するUMTSを用いた第3世代システムが導入された。

RFばく露に影響を及ぼし得るその他のパラメータについても、システムによる違いがあり、これには最大電力出力やハンドオーバー（携帯電話の接続をある基地局から別の基地局に切替える方法）のパターンが含まれる。アナログシステムはデジタルシステムよりも高い電力レベルで作動し、恐らく結果的に、使用単位あたりのばく露はより高かった。適応電力制御（携帯電話と基地局との距離といった、与えられた実際条件に必要なとされるレベルに送信電力を適応させる技術）により、放射電力が1000分の1程度に低減されることもある。適応電力制御を用いると、基地局からの距離が遠い（例：農村部）、使用者が移動中（例：自動車内）、使用が集中してハンドオーバーが頻繁に生じる場所では、ばく露は一般に高くなる。建物の材料による遮蔽効果を補正するため、携帯電話の電力レベルは大抵、屋外よりも屋内で使用した場合の方が高くなる。各種使用状況の重要性は、地理的場所によって、また時間によって変化し得る。RFばく露はシステムの特徴に加えて、アンテナの配置（例：伸縮式か埋め込み式か）を含む携帯電話自体の特徴や、頭部に対する携帯電話の傾きにも依存する。脳内のRFエネルギーの空間的分布は、ファントムを用いた測定によって研究されてきた。ほぼ全てのエネルギー（97%-99%）は携帯電話を使用する側の脳半球、主に（50%-60%）側頭部に吸収されるようである。ハンズフリー装置は頭部へのばく露を大幅に低減させる。

携帯電話とがんに関するほとんどの研究では、参加者（またはその近親者）に頻度や通話時間を含む携帯電話の使用歴を直接質問してきた。一部の研究では、携帯電話の種類を含む、より詳細な質問を行ってきた。ネットワーク事業者による料金請求用の通話

記録に関する情報を代わりに用いた研究も少数あった。どちらのアプローチにも長所と短所がある。参加者から情報を直接得る場合、より詳細なデータを集めることが出来るが、低い精度と記憶想起バイアス及び報告バイアスの潜在的可能性の増加という代償を払うことになる。検証研究では、健康な各人は自分たちの通話時間を過大評価し、通話頻度を過小評価する傾向があることが示されている。このパターンは使用量に依存し、重度使用者は過大評価しがちである一方、軽度使用者は過小評価していた。脳腫瘍の症例と健康な対照の両方を含む検証研究では、症例に同様のパターンが見られた。但し、この症例による過大評価はインタビュー前の時間が長いほど大きく、また対照には見られなかった。携帯電話使用に関する自己申告（特に、より古い期間についての）を用いた研究では、ばく露の差別的誤分類の潜在的可能性が、疾病リスクの推定における陽性のバイアスを生じたかも知れない。ネットワーク事業者の情報は、より正確で客観的であると推定されるが、妥当性に欠けるかも知れない。一部のネットワークは、発信に関する情報しか有しておらず、また彼らが参照している情報は、実際の使用者ではなく加入者のものである。自己申告も通話記録も、関連する全てのデータ、または完全に正確なデータを提示するものではない。ゆえに、携帯電話使用に基づく研究は全て、（非差別的であれば）リスク推定値を歪める可能性のある、ばく露の誤分類による影響を受けている。携帯電話使用に関する正確な情報があっても、上述の理由により、RF ばく露の推量に固有の誤差がこれに加わる。

### 携帯電話を慣用する側に関連する腫瘍の部位及び腫瘍の側性

携帯電話を耳にあてて保持した場合、携帯電話のアンテナから数 cm 以内にある、脳葉またはその他の耳の近くの部位で RF エネルギー吸収が最大となる。ゆえに、これらの部位における腫瘍はそれ以外の部位での腫瘍よりも、もっともらしく携帯電話からの RF ばく露に関連付けられる。

一部の症例対照研究では、携帯電話を手を持って使用する際、習慣的に使用する側について質問し、同側または反対側での脳腫瘍との関連について調べようとしてきた。しかしながら、各人が長期間一貫して同じ側で好んで使用するという証拠はない。好んで使用する側についての後ろ向きの自己申告ではバイアスが生じるかも知れない。携帯電話使用が自身の腫瘍を誘発したと症例が信じている場合、腫瘍と同側での携帯電話使用を過大に申告したかも知れない。加えて、携帯電話使用の側性に関するデータの分析では、分析上の問題が示されている。第一に、好んで使用する側はないと答えた症例と対照を扱う方法が必要である。第二に、携帯電話使用の側性に関する対照のデータを分析

する場合、対照には腫瘍がないので、参照する側を決定できないという問題がある。この問題を扱うために幾つかの技法が採用されてきた。Inskip 等が採用した技法では、結果的に相対リスクが他のものと比較できなくなったことに留意すべきである。因果関係が機能している場合、反対側での使用については影響なしの知見、同側での使用についてはリスク増加、全ての使用者に対しては全体的なリスク増加が予想されるはずである。一方、携帯電話使用が自身の腫瘍を誘発したとがんを有する各人が信じていて、影響を受けた側での使用を過大に申告していた場合、結果的に携帯電話使用を申告した側での外見上の過剰リスクと、反対側でのリスク減少が生じる。

### 誘導期間及び潜伏期間

携帯電話は新しい技術であるため、がんリスクに関する疫学的証拠は最初のばく露からの期間が比較的短いものについてしかない。がんの診断から 10 年以上前のばく露に関するデータは依然として限られている。ほとんどの種類のがんは、既知の発がん因子への最初のばく露から何年間も後、場合によっては何十年も後に生じる。このため、携帯電話ががんリスクに影響を及ぼすかどうかを知るには時期尚早であるという見解が広く示されている。しかしながら、重要なのは、最大リスクを生じる期間はどれ位かということではなく、検出可能なリスクが示されるまでの期間はどれ位かということである。誘導期間が長いことで悪名高い発がん因子であるアスベストでさえ、検出可能なリスク増加が生じるのは最初のばく露から 10-14 年後である。更に、RF 電磁界は DNA を損傷しないので、恐らくがんをイニシエート出来ず、また、仮に RF が発がんのより後の段階で作用するとしても、腫瘍の発生に及ぼす影響は比較的急であるはずだと論じられてきた。しかしながら、疫学研究は診断された腫瘍に基づいており、その同定は誘導期間（ばく露から疾病のイニシエーションまでの期間）だけでなく、潜伏期間（即ち、検出されるまでの期間はどれ位か）にも依存する。成長が速い悪性腫瘍については潜伏期間が短いと考えられるが、聴神経腫や良性の髄膜腫といった攻撃性の低い腫瘍については数十年である可能性がある。このため、神経膠腫（または、少なくとも神経膠腫のうち成長の速い小分類）については、最初のばく露から 10-15 年後のリスクについての情報は、携帯電話使用が病因論的影響を有するかどうかを決定するための意味のある情報を提示し得るが、これは成長が遅い腫瘍については当てはまらないかも知れない。

### 症例の定義

症例群の構成は研究ごとに異なり、明確で論理的に定義された方法による場合もある。例えば、症例が良性または悪性の腫瘍に限定されているかも知れず、対象の小集団を創

出するため、組織学的等級や解剖学的部位によって定義されているかも知れない。診断群が重複しているが完全には一致しない場合、研究間での結果の比較は困難である。また、対象となるターゲットの症例群からの損耗（例えば、死亡による喪失、ばく露または共変量に関する情報を提示する能力の欠如、回答拒否）を扱う方法が様々であることが、手法上の問題となり得る。

### 対照の選択

症例を生じた集団からの代表的サンプルである対照を同定する際の目標は、原理的には単純だが、実際には容易に到達できるものではない。地理的に定義された集団から包括的に症例を同定する研究については、望ましい対照群の構成は明確だが、北欧での 2 編の研究に示されているように、そのような対照は必ずしも簡単に採用し、インタビューできるとは限らない。病院ベースの症例対照研究については、例えば米国での 2 編の研究に見られるように、その結果として研究に組み込まれることになる対照の健康状態が、携帯電話使用と関連している潜在的可能性について精査する必要がある。

### 回答率

報告されている参加率は研究ごとに異なり、計算方法の不一致が比較をゆがめている (eTable 1, <http://links.lww.com/A1450>)。意図した研究集団からの損耗は一部の研究では完全に報告されているが、多くの研究では不完全な報告が選択による潜在的影響の評価を困難にしている。

コホート研究及び登録簿に基づく症例対照研究では、被験者の積極的な参加は必要なく、本質的に被験者全員を含めることができる。その他の研究では、個人的な接触とインタビューの完了が必要であり、参加率はより低い。参加はスカンジナビア諸国で高く、スウェーデンでは症例及び対照共に報告されている参加率は 70%以上で、他の国々では全体として悪い。

幾つかの研究では、不参加はばく露の状態に関連しており、携帯電話使用者は非使用者よりも、より参加を望むという指摘があった。選択バイアスの潜在的な度合いを評価するため、ある研究 (INTERPHONE: 後述) に関与する研究センターのほとんどでは、不参加者についての短いインタビューを試みた。これにより、拒否した対照の 57%、拒否した症例の 41%から回答を得ることが出来た。当該研究が「携帯電話」に関する研究であることが示されていたかどうかに関わらず、完全なインタビューを拒否した対照 (全体の 56%) は、完全なインタビューに参加した対照 (69%) と比較して、携帯電話の定常的使用の比率が低いことが、全てのセンターで示された。同じパターンは症例



についても見られた：拒否した症例の 50%が定常的な携帯電話使用者で、これに対して完全な参加者では 66%であった。不参加により導入された選択バイアスは、携帯電話の定常的使用に関するオッズ比に 10%程度の下向きバイアスを生じると推定されている。使用者の各カテゴリー（例えば、定常的使用者 vs. 頻繁でない使用者）においてそのようなバイアスが差別的に生じるかどうかは不明である。

### リスク推定の精度

精度は、稀な健康上の結末についての研究における懸念であり、ここで対象とする全てのがんに当てはまる。しかしながら、大多数の症例は住民登録を通じて同定されている。精度についてのその他の決定要因は、ばく露、即ち携帯電話使用の広がり具合の度合いである。過去 20 年間での携帯電話使用の劇的な増加は、疫学研究が関連性を検出する能力と密接に関わっており、最も望ましいばく露の広がり具合は 50%である。長期ばく露については、現在の傾向に続く初期の使用が必要であるが、その数は依然として少なく、結果として影響を推定する精度を限定的なものとしている。

### **研究手法**

10 カ国で実施されたこれまでの研究の手法を、eTable 1 に要約する。米国で実施された初期の研究のグループを除けば、ほとんどの文献はスカンジナビアに由来する。スカンジナビアでの研究の一部は Hardell 等が実施したもので、脳腫瘍に関するものが 3 編、ならびに唾液腺腫、非ホジキンリンパ腫及び精巣がんに関するものが各 1 編、更に脳腫瘍研究のプール分析が 2 編である。加えて、これらの脳腫瘍研究の再分析が多数発表されている。本稿では原著の刊行物について考察し、そこで入手できなかった重要な情報が提示されている場合にのみ再分析について考察した。第 3 のグループは INTERPHONE 共同研究で実施されたものである。INTERPHONE は、13 カ国での調整の元に実施された 16 編の症例対照研究で構成されている。全体的な結果は未発表だが、幾つかの国別分析の結果、ならびに北欧諸国及び英国におけるプール分析が発表されており、本稿ではこれらについて考察した。独立した研究のグループ（ばく露評価に加入者データを用いた北欧における研究 2 編、ブドウ膜の悪性黒色腫に関するドイツの研究 1 編）が、第 4 のグループを形成する。

本稿の表は、前段落で述べたグループ順（米国における初期の研究、Hardell の研究、INTERPHONE 研究、加入者リストに基づく研究）にまとめている。

コホート研究は 2 編のみで、残りは症例対照研究であった。これらの研究は全て、年齢の幅は若干ばらついてはいるものの、成人に限定されていた。米国における病院ベー

スの研究を除き、ほとんどの症例対照研究は住民集団に基づいていた。死亡した症例、または病気の症例の代理に、様々な割合で近親者を用いたものもあった（全体として<10%）。

米国における研究とスウェーデンにおける一部の研究は、1994年前後に開始した症例の確認に基づいており、一方の INTERPHONE 研究では症例の確認は 2000–2004 年であった。ゆえに、対照における生涯のばく露の広がり具合は、<10%–65%と大きく異なる。加えて、ばく露の定義及びカテゴリー分類の手法（携帯電話の使用歴あり／なし；定常的使用、重度使用、長期使用の定義；ばく露のカットポイント）は研究ごとに一貫しておらず、直接的な比較を困難にしている。Table 1-5 に、発表済みの全ての原著研究に加えて、関連する研究（Hardell、INTERPHONE）についての発表済みのプール分析を示す。文献全体についてのプール推定値も示す。当初は別のものと思われた論文が他にも多数あるが、実際には同じデータを別の方法または別の組み合わせで分析したものであった。Figure 1-4 に、これらの研究の重要な結果を図示する。図についての詳細は、該当する表の脚注を参照されたい。Hardell 論文は、デジタル及びアナログ携帯電話の両方についての結果を示しているが、重複を避けるためと、アナログはばく露レベルがより高く、また最も早い時期に導入されたことから、アナログについての結果を図示することを選択した。INTERPHONE グループの研究については、個別の文献にデータが含まれていない腫瘍の種類ごと（髄膜腫、聴神経腫）の原著研究の代わりに、Lahkora 及び Schoemaker の結果を選択した。

### 神経膠腫：結果及び解釈

携帯電話使用と神経膠腫のリスクを扱った 14 編の原著研究（Table 1）のうち、ほとんどの研究では、携帯電話の使用歴ありに関連するリスク推定値は 1 に近いか 1 以下であることを見出したが、2 編ではそのようにはならなかった。これらの 2 編の研究では、短期ばく露後のリスク増加が見られた；Auvinen 等は、携帯電話ばく露の尺度によってオッズ比（OR）が 1.2 から 1.7 の範囲で、最大ばく露カテゴリー（2 年以上の使用）では OR が 1.7（95%信頼区間（CI）=0.9-3.5）であることを見出した。Hardell 等による最も新しい研究は、最初の使用からの期間についての全てのカテゴリーにおいてリスク増加を見出し、ばく露した症例 100 人に基づく 5 年以内では OR は 1.6（1.1-2.4）であった。Hours 等は、最初の使用からの期間が 3.8 年以上に対する OR が 2.0（0.7-5.2）であることを見出した。これはフランスにおける INTERPHONE 研究で分析された最大のばく露カテゴリーであった。Takebayashi 等も、中程度のばく露期間後の OR の増

加を報告したが、より長期 (>6.5 年) のばく露後にはリスクが減少することを見出した。Hours 等及び Takebayashi 等の研究は共に、ばく露した症例が少数しか含まれていなかった。Hardell 等は、最初のばく露から少なくとも 10 年間について、3 倍以上のリスク増加 (デジタル携帯電話の使用について OR=3.6 [1.7-7.5]) を見出しており、Schüz 等はばく露した症例 12 人に基づき、2 倍のリスク増加を報告している (2.2 [0.9-5.1])。但し、ほとんどの研究は、使用期間または累積ばく露に基づき、関連性の証拠はないということを見出す傾向があった。これまでで最も多くの神経膠腫の症例数が含まれている北欧及び英国での INTERPHONE 研究のプール分析では、ばく露した症例 143 人に基づき、診断の 10 年以上前に携帯電話使用を開始した人々についての OR が 1.0 (0.7-1.2) であることを見出した。全ての原著研究をプールすると、ばく露期間のカテゴリー全てについて、リスク推定値のサマリは 1 に近いものとなり (長期使用については OR=1.1 [0.8-1.4])、携帯電話の使用歴ありについても同様であった (1.0 [0.8-1.2]) (Table 1)。感度解析では、第 3 グループの Hardell 等の研究を除外した場合、長期使用についてのプール分析での OR は 0.9 (0.8-1.1) となり、研究ごとの不一致は消失することが示された ( $p=0.25$ )。このことは、例えば INTERPHONE 研究を除外した場合には当てはまらなかった。

腫瘍の側性と携帯電話使用時の側性との関連は、潜在的に重要な研究結果の一面であるが、上述したように、このアプローチには手法上の問題がある。特に、全体的なリスク増加がないのに同側でのリスク増加がある場合、携帯電話を使用した側についての記憶想起バイアスが暗示される。同様に、同側でのリスク増加が反対側でのリスク減少を伴う場合も、記憶想起バイアスが示唆される。このパターンは、Table 2 に示す側性についての結果に共通して見られる。

脳葉ごとの結果には、対応する全体的結果との本質的な違いはなかった。

結果の全体的なパターンは、携帯電話使用と神経膠腫との間に関連性が存在するということを支持していない。但し、以下の 2 つの問題について明確にする必要がある：(1) 大多数の影響なしの知見と、陽性の関連性を示唆する少数の研究との間の矛盾の根拠、(2) 関連性を見出さなかった研究は使用歴ありについて、1 の前後で対称的な広がりを持つものではなく、1 よりも僅かに低い相対リスクを報告する傾向があること。

非差別的なばく露の誤分類は原理的に、因果的影響が存在する場合でさえ、陰性の結果を生じ得る。少数の陽性の研究は、他の研究者らによる研究よりもばく露評価が著しく優れていた結果だったのではないだろうか？ Hardell 等による研究の最も顕著な

違いは、携帯電話に加えて家庭用コードレス電話（DECT 電話）を考慮している点である。但し、DECT 電話使用と神経膠腫のリスクとの間の関連性は、スウェーデン及びドイツにおける INTERPHONE 研究でも調査されている。Auvinen 等のばく露評価の手法は、Schüz 等が用いたものと同様で、また Schüz 等及び Hours 等の手法は他の INTERPHONE 研究と区別できない。矛盾した結果のもう 1 つの潜在的理由は、上述したように、携帯電話の使用歴なしの症例における非回答を通じた選択バイアスである。但し、INTERPHONE 研究における選択バイアスは、リスク推定値に約 10% の下向きバイアスを生じると推定されている。仮にこの推定が正しいとしても、この選択バイアスの発生源が結果の差異を説明できるほど十分に大きいとは思われない。

仮に一連の陰性の結果が正しい場合、陽性の結果を生じた研究における、見かけ上の陽性の知見の潜在的理由（無作為誤差を含む）を検討することが適切である。陽性の研究には、症例群及び対照群の構成に関して、関連性を陽性側のバイアスを生じるような構造的特徴はなさそうである。ほとんどの研究は（携帯電話）使用に関する自己申告及びそこから派生した各種のばく露尺度に基づいており、ばく露評価の基本的アプローチには他の研究との違いはなさそうである。陽性の研究は表面上、Hardell 等によるものを含めて、全く異なる結果を示している他の研究と非常に似通っているが、外見上の矛盾はデータ収集及び分析手法における極僅かな側面に帰せられるかも知れない。研究者らは、症例群の正確な構成（解剖学的部位、組織学、進行段階、または悪性度によって制限するかどうか等）に関して決定を下さなければならない。ばく露の割り当てには、より複雑な決定が必要である。これには、アナログまたはデジタルの使用を含めるかどうか；定常的使用の定義方法；使用時間または累積ばく露の分類方法；使用の側性及び腫瘍部位の側性の考察；症例における疾病の診断時期に関連付けた、対照における使用の参照日の選択、が含まれる。採用手法の違いによる非回答の度合い及びパターンへの影響、聞き取り実施者の訓練やモニタリングによる症例及び対照の回答における傾向への影響、更にはアンケートの文言による結果のデータへの僅かな影響が生じる潜在的可能性がある。どの研究チームもこれらの決定に直面し、恐らく補正のための実用的な方策があり、一連の研究は全体として妥当な結果に収束することが予想される。これらの決定は、ある結果が確立されたものと見なすことができるようになる前に、別の研究グループによる結果の再現が必要である主な理由を示している。

Hardell 等の研究には、症例群の正確な構成が文献によってばらばらであることや、除外の基準、ばく露の定義、及び複数の重複する文献における発表のための結果の選択において、特に問題がある。我々の見解では、手法、分析及び発表における一連の決定

が、Hardell の研究の知見と他の研究者らの研究のそれとの乖離について一番もっともらしい説明を提示している。このことは他の陽性の報告には該当せず、研究ごとの無作為誤差によって予想される結果の分布がより適合するようである。

要約すると、入手可能なデータは全体として、携帯電話使用と神経膠腫のリスクとの間の因果関係を示唆していない。但し、研究ごとの不一致による不確実性、ならびにばく露の誤分類や参加者の選択に起因するバイアスの潜在的可能性の問題といった、認識されている問題が幾つか残っている。上述したように、INTERPHONE 研究における不参加はオッズ比に 10%程度の下向きバイアスを生じたと推定されているが、観察されたリスク減少の全てをこれによって説明することはできない。加えて、電離放射線被ばくと腫瘍の診断との間に観察されているインターバルから判断すると、原因因子のばく露から神経膠腫の出現までの期間は 5-20 年かそれ以上の範囲であるかも知れない。症状は腫瘍の部位と性質に依存し、悪性度が低い腫瘍では開始が最も遅く、悪性度が高い腫瘍及び急速に成長する腫瘍では開始が急速である。携帯電話の 10 年以上の長期使用に関するデータは依然として乏しく、成長が遅い腫瘍についての何らかのリスク増加はまだ出現していないかも知れない。

### 髄膜腫：結果及び解釈

携帯電話使用と髄膜腫との間の関連については、11 編の原著の症例対照研究、2 編のコホート研究、及び 2 編のプール分析が調査してきた。Hardell 等による最近の研究を除けば、最初の携帯電話使用からの期間に関わらず、全ての研究がリスク推定値は 1 に近いかそれ以下であることを見出している (Table 3)。この Hardell 等の研究は、アナログ携帯電話の使用歴ありについてリスク増加を見出しており (OR=1.7 [1.0-3.0])、最も高いリスク推定値は最初の使用からの期間が 10 年以上について (2.1 [1.1-4.3]) である。これまでで最大の研究 (北欧及び英国における INTERPHONE 研究のプール分析) は、長期使用に関して 0.9 [0.7-1.3] の OR を見出している。全ての原著研究をプールすると、リスク推定値は 1 に近いかそれ以下となった (Table 3)。ゆえに、アナログ携帯電話使用者における髄膜腫のリスク増加については、一貫した証拠はない。

髄膜腫は概して神経膠腫と同じに疫学研究で評価されていたので、神経膠腫について上述した多くの手法上の懸念は、髄膜腫にも当てはまる。髄膜腫研究の解釈において特に考慮したのは、この疾病は誘導期間が長い点である。神経膠腫とは異なり、髄膜腫は概して非常に成長が遅い腫瘍で、恐らく誘導期間は最大 30 年かそれ以上である。髄膜腫は脳に侵襲するのではなく脳を圧迫するので、症例には腫瘍が検出されるまでの長い

期間にわたって症状がないかも知れない。1990年代に髄膜腫と診断され、初期の研究対象とされた患者の一部は、携帯電話の実質的なばく露以前に髄膜腫に罹っていた可能性が高い。ゆえに、髄膜腫に関する陰性の結果は、神経膠腫に関する陰性の結果と比較して、関連性がないことについての弱い証拠しか示していない。

### 聴神経腫：結果及び解釈

聴神経腫に関する13編の原著研究 (Table 4) には、全体として少数の症例数しか含まれていない。プール分析 (特に北欧及び英国での) はより大規模である。この腫瘍が良性であることを反映して、症例の回答率は比較的高かったが、対照の回答率は全体として低かった。最大4倍のリスク増加を報告している Hardell 等の最近の2編の研究を除けば、携帯電話の使用歴ありについて、全ての研究がリスク推定値は1に近いかそれ以下であることを見出している。Hardell 等は、最初の携帯電話使用から短い期間にかなり高いリスク増加を観察している点が注目になる。聴神経腫は非常に成長が遅い腫瘍で、最初の携帯電話使用から5年以内に診断された症例のうち大多数は、携帯電話使用の開始以前に既に発症していたであろう。米国における2編の研究でも、携帯電話の最初の使用から比較的短い期間に若干高いORを報告しているが、これらが依拠するばく露した症例は少なかった (Table 4)。

長期間のばく露 (10年以上) については、最も多くの症例が含まれる北欧及び英国におけるプール分析が、1.0 (0.7-1.5) のORを報告している。ほとんどの研究で、リスク推定値は1以下であり、時にはかなりのリスク減少 (例えば、クリステンセン他ではORは0.2 [0.2-1.1]) も見出しているが、スウェーデンにおけるINTERPHONE研究は1.9 (0.9-4.1) のORを見出している。Hardell 等の最近の2編の研究は、他の研究と矛盾する結果を生じており、アナログ携帯電話の長期使用に関するORは3.5 (0.7-16.8) 及び2.6 (0.9-8.0) であった。全ての研究をプールすると、リスク推定値のサマリは長期使用について1.2 (0.8-2.0)、使用歴ありについて1.1 (0.8-1.4) となった。累積使用時間または累積通話件数に関する分析でも同様に、Hardell 等の1編を除いて、明確な関連性は示されなかった。

申告された同側での携帯電話使用後の聴神経腫のリスクは、北欧及び英国における分析では増加していなかった (OR: 0.9 [0.7-1.1])。アナログ携帯電話使用についてのORが5.1 (1.9-14)、デジタル携帯電話使用については2.9 (1.4-6.1) であった Hardell 等の1編を除けば、他のデータセットについても同様のことが当てはまる。但し、Lonnによる研究では、診断前の最低10年間の同側での携帯電話使用に関連するリスク増加

(OR=3.9 [1.6-9.5])があった。北欧及び英国におけるプール分析でこれに相当する結果は 1.3 (0.8-2.0) であったが、最低 10 年間の携帯電話使用に関連するリスク増加 (OR=1.8[1.0-3.3])があった。利き腕は同側での腫瘍リスクには関連していなかった。

聴神経腫は片側だけの聴覚障害を生じる可能性があり、このことが携帯電話使用の中止 (及びそれによる擬似的リスク減少) につながった可能性がある。逆に聴覚障害が、他の状況では認識されない腫瘍の診断、及びそれによる擬似的リスク増加につながった可能性がある。聴神経腫に関連する聴力喪失は、腫瘍の進行に連れて携帯電話を使用する側に影響を及ぼし、結果として腫瘍と反対側での携帯電話使用を好むことになったかも知れない。但し、このことは予測不可能である。大きな前庭神経鞘腫では聴力は維持される可能性があり、逆に、放射線学的に静的な小さい腫瘍の結果として聴力喪失が頻繁に生じる可能性がある。但し、携帯電話を使用する側に及ぼす潜在的影響、または腫瘍の早期検出は、入手可能な研究全てに同様に影響するので、結果における矛盾をこれで説明することはできない。

神経膠腫及び髄膜腫の状況とは異なり、側性は事実上、聴神経腫の解剖学的部位を定義し、同側での聴神経腫は全て携帯電話端末の位置の近くで生じる。ゆえに、仮にばく露の側に関して信頼できるバイアスのない情報が得られれば、携帯電話ばく露が聴神経腫のリスクに及ぼす影響についてのバイアスのない強力な分析が実施出来たであろう。但し、この分析は、携帯電話を使用する側が一貫しないこと、腫瘍診断の結果として生じる報告バイアス、症状に基づく使用の変化 (上述) によって阻害されている。結果からは同側での携帯電話使用に関連したリスク増加は示されているが、全体的なリスク増加は示されていないことも、報告バイアスの寄与についての疑問を生じている。ゆえに、北欧及び英国での大規模分析における 10 年超の同側でのリスク増加は、因果的影響よりも報告バイアスを示している可能性が高い。というのは、因果的影響は (希釈されるものの) 10 年超の使用者全体についてのリスク増加につながるはずだからである。そのような知見は北欧及び英国での全体的なデータには見られなかった。

髄膜腫の場合と同様に、聴神経腫は診断前に存在していることが多い。ゆえに、聴神経腫の病因論に潜在的に関連する携帯電話使用についてのデータは、診断の何年も前に生じたばく露に関するものだけかも知れない。入手可能なデータから、診断前の 10 年間における携帯電話使用に関連した、聴神経腫の実質的なリスク増加はありそうにない。この結果は、最初の使用から 10 年超でリスク増加があるかどうかについては、不確実性を残している。

## 唾液腺腫：結果及び解釈

4 編の症例対照研究、及び 1 編のコホート研究に基づけば、携帯電話使用者における唾液腺腫のリスク増加に関しては、一貫した証拠はない (Table 5、Figure 4)。ある研究は、使用歴なしと比較した場合の使用歴ありについて、及びより長い累積ばく露年数についてリスク増加を示したが、この結果は少数の症例に基づいており、信頼区間の幅が非常に広がった。Hardell の研究を含めて、それ以外の研究ではいずれもリスク増加の指摘はなかった。全ての研究結果をプールすると、全てのばく露カテゴリーについてリスク推定値は 1 より僅かに低くなった (Table 5)。INTERPHONE 研究の 2 編の論文はいずれも、診断前の最低 10 年間の同側での携帯電話使用に関連したより高いリスク推定値を報告し、Lonn 等の研究では OR は 2.6 (0.9-7.9)、Sadetzki 等による研究では OR は 1.6 (0.7-3.7) であった。但し、反対側での使用についてこれに相当する OR は、どちらの研究でも相当減少しており、それぞれ 0.3 (0.0-2.3) 及び 0.6 (0.2-2.3) であった。ゆえに、この知見は報告バイアスで説明できそうである。

他の部位の腫瘍（下垂体腺腫、非ホジキンリンパ腫、精巣がん、ブドウ膜の悪性黒色腫）に関する単発研究については、ここでは検討しない。これらのがんの部位についての主な結果を eTable 2 (<http://links.lww.com/A1450>) に示す。

## 結論

過去数年間に、携帯電話使用と脳及びその他の頭部腫瘍のリスクに関する疫学的証拠はかなり増加した。我々の見解では、これまでに発表された研究は全体として、いずれの脳腫瘍またはその他の頭部腫瘍についても、約 10 年以内の（携帯電話）使用に関するリスク増加を示していない。但し、幾つかの重要な手法上の問題（例えば、選択的非回答、ばく露の誤分類）が残っている。手法上の欠点と、長い潜伏期間及び長期使用に関するデータは依然として限られているものの、入手可能なデータは、少なくとも誘導期間が短い腫瘍については、携帯電話使用と成人の悪性神経膠腫のような成長が早い腫瘍との間の因果関係を示唆していない。髄膜腫や聴神経腫のような成長が遅い腫瘍、ならびに長期使用者の神経膠腫については、これまでのところ関連は報告されていないが、現在の観察期間が依然として短すぎるため、最終的なものではない。現時点では、子供及び若年者のばく露による潜在的発がん作用についてのデータが全く欠如している。



**ICNIRP**

『時間変化する電界、磁界及び電磁界によるばく露を制限するための  
ガイドライン (300GHz まで)』に対する ICNIRP の声明」

## 国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP)

### 『時間変化する電界、磁界及び電磁界によるばく露を制限するためのガイドライン (300GHz まで)』に対する ICNIRP の声明」

ICNIRP の「時間変化する電界、磁界及び電磁界によるばく露を制限するためのガイドライン (300GHz まで)」(ICNIRP、1998) の公表以来、そのような界の影響についての多くの科学的研究が公表されてきた。約 100kHz までの周波数帯においては、世界保健機関 (WHO、2006 ; 2007)、各国の放射線防護組織 (英国保健防護庁、2006 ; 2008) といった機関、及び ICNIRP (2003) による幾つかの科学的レビュー及び健康への障害性の評価が実施されてきた。静電磁界及び超低周波電磁界については、ICNIRP 自身のガイドラインのレビュー・プロセスが、それぞれ完了 (ICNIRP、2009) または進行中である。

現代の無線通信に用いられる周波数を含む 100kHz 以上の周波数については、幾つかの主要な各国及び国際的な研究プログラムが近年実施されてきており (例 : 英国携帯電話健康研究プログラム、2007 ; ドイツ連邦放射線防護庁、2008)、また他にも実施中である。この周波数帯における ICNIRP の勧告の改訂に先立ち、可能性のある健康への障害性に関して、これらの新たなデータをレビュー及び評価する必要がある。このレビュー・プロセスは現在進行中である。

但し、1998 年のガイドライン以降に公表された科学的文献は、基本制限以下では悪影響についての証拠を何ら提示しておらず、高周波電磁界のばく露制限に関するガイダンスを今すぐ改訂する必要性はないというのが ICNIRP の見解である。そのようなガイダンスの生物学的根拠は依然として、全身に対する穏やかな熱ストレスによる「機能障害」または/及び過剰な局所的加熱による組織の損傷といった悪影響を回避することにある (D'Andrea 等、2007)。非熱的な相互作用に関しては、その可能性の存在を反証することは原理的に不可能であるが、これまでに提案されてきた各種の非熱的メカニズムのもっともらしさは非常に低い。加えて、最近の試験管内ならびに動物の遺伝毒性及び発がん性研究は全体としてやや一貫しており、低レベルのばく露ではそのような影響はありそうにないことを示している。ゆえに ICNIRP は、注意すべき情報が更に得られるまでは、100kHz-300GHz の周波数帯における 1998 年の基本制限を再確認する。

ICNIRP は、ばく露量測定調査において精度及び分解能の面で相当な進歩があったことに注目している (Lin、2007)。特に関心が集まったのは、基本制限からの参考レベ

ルの導出に影響を及ぼすかも知れない人体の解剖学的モデルを用いた数値計算に関してであった。幾つかの公表済み研究 (Wang 等、2006 ; Dimbylow 及び Bolch、2007 ; Conil 等、2008 ; Nagaoka 等、2008 ; Kuehn 等、2009) は、人体と共振する周波数帯 (~100MHz) 及び身長 1.3m 未満の身体 (1 から 4GHz) (8 歳かそれ以下の子供に相当) について、最悪ケース条件下では、勧告されている参考レベルで誘導される SAR が現行の基本制限よりも最大 40%高くなる可能性があることを示している。但し、一般公衆に対する低減係数 50 (5,000%) の大きさと比較すれば、これは取るに足らないものである。

近年開始された多くの疫学研究は主に、現代の通信システムの運用に関連するかも知れない生物学的状態及び悪い健康状態の可能性に焦点を当ててきた。多国間で調整された症例対照研究である INTERPHONE 研究は、携帯電話を使用する際のユーザーの頭部における比較的高い局所ばく露によるがんリスクの可能性に対処している。全ての国別データのプール分析はまだ公表されていない。但し、これまでに公表されている国別及び多国間での結果は、携帯電話の最初の使用から 10 年以内の頭部におけるがんリスクの上昇を示していない。より長い期間についての結論を導くことができるようになるには、更なるデータが必要である (ICNIRP、印刷中)。

RF トランスミッタの遠方界における、慢性的な低レベルの全身ばく露による健康影響の可能性についての疫学データは、特に満足いく個人ばく露評価がないために乏しい。適切なばく露評価を行った少数の研究は、健康に関連する影響を何ら示さなかった。携帯電話基地局によるばく露レベルは概して、ガイドラインのレベルの 1,000 分の 1 から 1,000 分の 10 程度である。

非電離放射線防護について科学に基づく独立した助言を提示する際に、ICNIRP が従っているアプローチの詳細は、声明「非電離放射線に対する防護についての一般的アプローチ」(ICNIRP 2002) に概説している。

本声明の作成時の国際非電離放射線防護委員会の構成は以下の通りであった：

P. Vecchia, Chairman, Italy  
R. Matthes, Vice-Chairman, Germany  
M. Feychting, Sweden  
A. Green, Australia  
K. Jokela, Finland  
J. Lin, U.S.  
A. Peralta, Philippines  
R. Saunders, United Kingdom  
K. Schulmeister, Austria  
P. Soderberg, Sweden  
B. Stuck, U.S.  
A. Swerdlow, United Kingdom  
B. Veyret, France  
Chairman Emeritus, M. Repacholi, Australia  
Scientific Secretary, G. Ziegelberger, Austria

謝辞：ICNIRPは、欧州委員会、ドイツ連邦環境省から得た支援に深く感謝する。

米国保健物理学会 (HPS)  
ファクトシート「携帯電話」

## 米国保健物理学会（HPS）

### ファクトシート「携帯電話」

現時点で入手可能な証拠は、携帯電話使用または基地局 RF のばく露が脳のがんまたはその他の何らかの健康影響を誘発しないということを示している。長期間（10 年超）の携帯電話使用に関する疫学データは非常に乏しく、信頼性がないので、携帯電話の長期使用によるリスクの可能性については結論を導けない。

#### [技術的背景]

無線電話システムは、電磁スペクトルの無線周波（RF）部分で作動している。端末が作動する正確な周波数は、通信会社、地理的配置、及びその他の要因に依存する。ほとんどの無線電話サービスは 850～2000MHz の範囲で作動しているが、政府が更なるスペクトルを確保次第、他の周波数帯が今後使用される。

その他の身近な機器は、この一般的な周波数帯の RF エネルギーを用いており、大抵は出力レベルが低い。これには、無線インターネット（Wi-Fi）ルータや、PC と周辺機器を接続するのに用いられる Bluetooth システムがある。

携帯電話は電磁波を放射する。技術的意味合いでは、端末から空間中に RF エネルギーが伝播する。但し、この電磁波は化学結合を攪乱させるのに十分なエネルギーを有していない（光子は原子を電離できない）ので、非電離（放射線）と呼ばれる。同様に、加熱ランプからの赤外光線や電子レンジ内のマイクロ波も非電離放射線の仲間である。対照的に、エックス線（病院の画像撮影装置等）や素粒子（核反応から生じるもの等）は、電離放射線の仲間である。電離放射線は化学結合を攪乱でき、組織に損傷を生じる。非電離放射線（RF）と電離放射線（エックス線）の潜在的な生物学的影響及びハザードは異なる。

#### [健康影響]

携帯電話からの健康への悪影響に関する疑問は、1990 年代初頭から科学者及び保健当局によって研究されている。公衆の懸念に対処するため、産業界及び政府は膨大な数の動物及びヒト研究を支援しており、今や大量の科学的文献がある。

これらの報告は、入手可能な証拠は携帯電話使用または基地局からの RF ばく露が脳のがんまたはその他の何らかの健康影響を誘発するということを示していない、という点で一致している。但し、文献は完全には一致していない。全体として、疫学研究の結果

は否定的だが、携帯電話の長期使用とある種の脳腫瘍との間の弱い関連が散見されている。保健当局は、そのような知見の有意性についての判断を下していない。

高い出力レベルの RF エネルギーの過剰なばく露（典型的には組織の過剰な加熱による）が潜在的に有害であることは十分に確立されている。このハザードには、皮膚のやけど及びその他の組織の熱的損傷、白内障、及び身体への過剰な熱滞留による生理学的影響がある。但し、携帯電話はそのような熱的ハザードを生じないほど低い出力レベルで作動する。

RF エネルギーの過剰なばく露によるハザードに対する防御のため、IEEE（旧称：米国電気電子学会）及び国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）によってばく露ガイドラインが策定されている。IEEE 規格の最新の改訂版は 2006 年 4 月に発表された（IEEE、2006）。1998 年に発表された ICNIRP ガイドラインは、世界保健機関（WHO）によって支持されている。IEEE 及び ICNIRP のガイドラインはいずれも、原則として熱的ハザードに対する防護のためにデザインされている。両者は、RF エネルギーの急性（短期的）及び慢性（長期的、低レベル）ばく露によるヒトへの潜在的ハザードを全て同定するため、科学的文献の慎重なレビュー後に策定された。IEEE 及び ICNIRP はいずれも、ガイドライン以下の RF エネルギーばく露による生物学的影響の報告があることを認識している。但し両組織は、ばく露評価が不十分、独立した確認ができない、報告された影響の健康上の有意性が明白でない、といった技術的問題のため、そうした報告の中にはばく露ガイドラインの策定の際には利用できないものもあると考えている。

#### [脳のがんと携帯電話使用]

最も頻繁に議論されている論点は、RF ばく露と脳のがんと間の関連の可能性についてである。

最も包括的で最善のデザインの疫学研究は、国際がん研究機関が管理している、通称 INTERPHONE 研究である。

INTERPHONE 研究は 13 カ国が参加し、当該研究地域に住んでいて、2000～2004 年に幾つかの種類腫瘍（がん性及び非がん性の両方）のうちの 1 つが頭部にあると診断された、30～59 歳の合計 4600 万人以上の人々を含んでいる。この研究は、脳腫瘍を含む 4 種類腫瘍のうちの 1 つに罹っている約 6400 人の患者と、約 7600 人の健康な対照を比較した（Cardis 等、2007）。

INTERPHONE 研究の最終的な結果は未発表だが、(INTERPHONE シリーズの) 幾つかの個別研究の結果は発表されている。これまでのところ、INTERPHONE 研究は 10 年未満の携帯電話使用と何らかの脳腫瘍との間に検出可能な関連を示していない。但し、長期間 (10 年超) の携帯電話使用と一部の脳腫瘍との間に、統計的有意性の境界線上にある関連が幾つか現れている。例えば、Lahkola 等 (2007) は、「携帯電話の定常的使用に関連した神経膠腫 [悪性の脳腫瘍の 1 つ] のリスク上昇の証拠は見つからなかった」が、10 年超の携帯電話ユーザーにおける弱い関連を見出した。この著者らは、この結果は神経膠腫の「リスク上昇を示していない」と結論付けており、また確たる結論が導出できるようになる前に、このトピックについての更なる研究が必要であると示唆している。

RF エネルギーばく露に関する長期的な動物研究は、「非熱的な強度の RF エネルギーのばく露ががんを誘発または促進するという一貫した証拠」を示しておらず (Moulder 等、2005)、携帯電話から生じるレベルの RF 電磁界が熱によるものとは異なる生物学的影響を生じ得るような、受け入れられたメカニズムはない (Foster、2000)。両者の考察は、この弱い統計的関連を、携帯電話のばく露が実際に疾病を誘発する証拠として受け入れることに対して、保健当局が慎重な姿勢を取っていることにつながっている。

#### [最近の専門的評価]

- 1 欧州委員会の新興・新規同定された健康リスクに関する科学委員会 (SCENIHR、2007)

1998 年に策定された ICNIRP の限度以下のばく露レベルでの (RF エネルギーばく露による) 健康リスクは一貫して立証されていない。この評価のためのデータは、特に長期的な低レベルばく露については限定的である。
- 2 スウェーデン放射線防護局 (SSI、2007)

携帯電話の短期的使用は、成人の脳または頭頸部のがんリスクと関連していないようである。その他のアウトカムは研究されていない。特に、聴神経腫については携帯電話の長期的使用に関して懸念がある。
- 3 アイルランド通信・海事・天然資源省 電磁界の健康影響に関する専門家グループ (2007)

これまでのところ、携帯電話及び基地局から発せられる RF 信号のばく露による短期的または長期的な健康への悪影響は何ら示されていない。RF 信号ががんを誘発するということは示されていない。



これらの分析は、その他の専門家グループ及び保健当局による従来レビューとあわせて、国際的な（IEEE または ICNIRP の）ばく露ガイドライン以下の RF 電磁界のばく露による健康上のハザードについての明白な証拠はないことを示している。これらの報告は、例えば、長期的な携帯電話使用に関する科学的証拠におけるギャップ（特に子供への影響に関連して）に言及している。

#### [電磁過敏症（EHS）と携帯電話]

EHS に関する研究は、症状についての根拠を見つけることが出来ておらず、誘発研究では症状と電磁界の急性ばく露を結びつけることが出来ていない。

このことは、EHS の被験者が説明する携帯電話使用による症状は、彼らが実際にばく露されていることではなく、自身がばく露されているという被験者の信念と関連していることを報告した、最近の研究（Cinel 等、2008 ; Hillert 等、2008）によって更に強調されている。WHO は、EHS の症状は「確かに現実のものであり、その重症度は非常に大きな幅がある（が）、EHS には明確な診断基準がなく、EHS の症状をばく露に結びつける科学的根拠もない...単一の医学的問題を表すことも明確ではない」と結論付けている（WHO、2005）。

携帯電話の健康影響の可能性についての研究は今後も続けられ、長期ユーザーや子供に何らかの悪影響があるかどうかを同定するために特に重要である。入手可能な証拠は、携帯電話使用または基地局 RF のばく露が脳のがんまたはその他の何らかの健康影響を誘発するというを示していない。

米国国家毒性学プログラム (NTP)  
ファクトシート「携帯電話の RF 放射に関する研究」

## 米国国家毒性学プログラム (NTP)

### ファクトシート「携帯電話の RF 放射に関する研究」

携帯電話は急速に発展している技術で、移動体通信用に RF エネルギーの放射を用いている。現在、2 億 7000 万人以上の米国人、または米国の総人口の 85%以上が無線通信機器を使用している。このユーザー数の多さから、仮に健康への悪影響が携帯電話使用と関連していることが示された場合、広範な公衆衛生上の懸念になる潜在的可能性がある。

食品医薬品局は以下の理由により、国家毒性学プログラム (NTP) に携帯電話の RF 放射に関する研究を指名した：

- ヒトへのばく露が広範であること。
- 現行のばく露ガイドラインは熱作用による急性障害からの防護に大きく依拠していること。
- RF の長期ばく露の潜在的な健康影響についてはほとんど知られていないこと。
- 今後数年間はヒト研究からの十分なデータが入手できそうにないこと。

#### [NTP 研究の概観]

多くの人々が、携帯電話からの放射ががんまたはその他の深刻な健康上のハザードを生じると懸念している。現時点での科学的証拠の重みは、携帯電話と何らかの健康上の問題を決定的に結び付けていないが、NTP 及びその他の科学機関は、更なるデータが必要であると結論付けている。NTP は、携帯電話放射のばく露による何らかの潜在的な健康上のハザード (がんリスクを含む) の明確化を助け、より良い公衆衛生防護の道を開くための研究を開始している。

NTP は、実験動物を用いた毒性学及び発がん性研究の初期段階にある。この研究は、米国における携帯電話ユーザーのばく露を模擬するようデザインされている。

ラット及びマウスを、米国で現在用いられている CDMA 及び GSM 通信技術の 900 及び 1900MHz の RF 放射にばく露する。10 分間のオン／オフ周期で 1 日あたり 20 時間の携帯電話放射を施す。NTP は、全ての段階の研究の完了及び報告を 2014 年と予想している。

### [携帯電話放射のばく露の創出]

携帯電話放射についての研究の技術的複雑さから、NTP スタッフは、国立標準技術研究所（NIST）の RF 放射の専門家と緊密に作業している。

省庁間合意を通じて、NIST の科学者は、移動体通信の周波数帯での齧歯類の均一なばく露を提供するためのばく露装置の開発のための作業をしている。各種の RF 放射のばく露装置で適合性試験を実施した。これらの努力により、特別にデザインされた反響チェンバをばく露装置として利用することの実現可能性が立証された。このデザインにより、1 日あたり最大 20 時間のばく露が可能となった。この装置は、本質的に RF 界を放射するアンテナに対する遮蔽室である 21 個の個別の反響チェンバと、統計的に一様な界を生じるための回転式攪拌器で構成される。

### [三段階の研究デザイン]

NTP は、携帯電話からの RF 放射に関する研究を次のような三段階で実施している：  
(1) 体温を過度に上昇させないような電磁界強度を確立するための一連のパイロット研究、  
(2) 齧歯類を各種の非熱的電磁界強度に最大 2 ヶ月間ばく露する亜慢性毒性研究、  
(3) 齧歯類を 24 ヶ月間ばく露する慢性毒性・発がん性研究。

RF 放射のヒトへのばく露は非熱的であり、また体温上昇を生じるには低すぎるので、NTP は非熱的領域となるように研究をデザインした。第一段階の研究は、雌雄両性の幼若及び成熟したラット及びマウス、ならびに妊娠したメスのラットにおいて、熱作用を生じないばく露レベルを決定するため、各種の出力レベルの携帯電話の RF 放射を評価する。これらの研究から得られるデータは、第二段階の研究のための最大出力レベルの同定に資するものとなる。このパイロット研究は 2009 年 11 月に完了予定である。

2010 年に開始予定の第二段階の研究は、携帯電話の RF 放射の亜慢性毒性を調べ、第三段階の研究での各系統及び動物種についての適切な出力レベルの決定に資するものである。RF 放射のばく露は、ラットでは妊娠期間、マウスでは成長期に開始し、若年期（亜慢性）を通じて、または 2 年間（慢性）継続する。

慢性または 2 年間のばく露を行う最終段階の研究は、携帯電話放射がヒトにとって有害である、または発がん性がある潜在的可能性を決定するためにデザインされている。これらの慢性毒性学・発がん性研究は 2010 年後半に開始、2012 年に完了、その後の報告及びデータの査読は 2013-2014 年の予定である。

全体として、これら NTP 研究は、RF 放射によるばく露の安全性に関する重要な情報を提供し、ヒトにおける何らかの潜在的な健康影響を決定するための科学的根拠を強化するものである。これらのデータは、食品医薬品局を含む連邦政府が、RF 放射の健康問題に関して公衆衛生及び安全の防護と矛盾しない意思決定を下す際に用いられる情報に貢献することができる。

米国電気電子学会 (IEEE) ヒトと放射線に関する委員会 (COMAR)  
「COMAR 技術情報声明:RF 電磁界の潜在的な健康影響に関する専門家レビュー  
及び BioInitiative 報告に対するコメント」

## 米国電気電子学会 (IEEE) ヒトと放射線に関する委員会 (COMAR)

### 「COMAR 技術情報声明:RF 電磁界の潜在的健康影響に関する専門家レビュー及び BioInitiative 報告に対するコメント」

#### 【BioInitiative 報告について】

2007年8月、ある独立グループが「BioInitiative 報告 (BioInitiative Report (以下、「BIR」という。)) : 電磁放射に対する生物学に基づく電磁界の公衆ばく露基準の根拠 (超低周波及び無線周波)」(BIR、2007)と題する報告書を公表した。同報告は、科学的証拠の評価及び政策的勧告の両面において、IEEE/ICES、ICNIRP、及び世界中の保健機関 (例:WHO) と全く異なる結論及び勧告を提示している。BIR を要約した論文が最近公表されている (Hardell 等、2008)。BIR は、超低周波 (例:商用周波数) ならびに RF の両方を検討している。ここでは、BIR の RF に関する記述のみを検討する。

BIR は4人の組織委員会の指示の下、14人の個人が執筆した。同報告の21の章の大半は、単独または (稀に) 2-3人が執筆した。「重要な科学的証拠及び公衆衛生政策上の勧告」の章は、2人の個人が執筆し、彼らの見解のみを反映しているようである。組織委員会のメンバーがどのように選ばれたか、また、執筆者グループの多くは現行の基準やガイドラインに対する批判を行なった公的な記録があるが、彼らのバランスがどのように取られたかについては示されていない。

BIR の第2章には、同報告は「非電離電磁放射に対する現行の公衆ばく露基準が、もはや公衆衛生の防護にとって十分良いものではないという理由を文書化するために」執筆されたとある。このため COMAR は、BIR はバランスの取れた科学的文献のレビューではなく、権利擁護のための文書であると見なす。

ICES 及び各保健機関による専門家レビューとは対照的に、BIR は、現行のガイドライン以下のレベルの RF 電磁界ばく露による健康への悪影響は「立証されている」としている:「ヒトに対する健康影響が報告されている下限値は、安全基準の100分の1 (携帯電話及びPDAについて)、その他の無線機器 (遠くにある携帯基地局、Wi-Fi、無線LAN機器) については1000-10000分の1に低下している。安全基準の根拠全体に対して疑問が生じており、どのレベルのRFの安全性に対しても疑問を感じるは無分別ではない」(BIR、第17章、p.21)。BIR を慎重に読んでも、上に引用した結論を支持する証拠は見当たらない。

科学的レビューとしては、BIR には内部矛盾等の幾つかの弱点がある。「健康上のエ

ンドポイントと電磁界（ELF 及び RF）ばく露との間の証拠全体を記述するため、証拠の重みアプローチが用いられた」（BIR、第 17 章、p.5）という記述と、証拠の重みアプローチは「非科学的」だとする別の章の文言（BIR、第 7 章、p.15）には、一貫性がない。

BIR の主な弱点は、各種のトピック分野における文献のレビューが包括的ではなく選択的である、という点である。以下では、a) 動物の腫瘍に関する研究、b) 遺伝毒性 (DNA 損傷) の 2 つの例について考察する。

### 動物の腫瘍に関する研究

BIR は、RF エネルギーにばく露された実験動物における腫瘍発生を調べた、僅か 2 編の研究にしかコメントしていない。これらの研究の一方 (Repacholi 等、1997) は、ばく露されたマウスにおける腫瘍の増加を報告した。この影響の潜在的な健康上の重要性から、Utteridge 等 (2002) による追試が実施されたが、腫瘍発生における変化は認められなかった。BIR は、第 7 章 (p.16) に挙げた理由により Utteridge 等の結果を否定し、「Repacholi 等の研究の結果は依然として、動物モデルにおける RF とがんとの間の関連を示すものと見られている」（BIR、第 7 章、p.16）。上述のように、動物の腫瘍に関する研究についての証拠の重みの評価は、Repacholi 等の結果を持ち上げ、Utteridge 等の研究を否定している BIR の結論は間違いであるということを示している。他の専門家グループや保健機関は、関連する証拠の包括的レビューにおいて、Repacholi 等の研究にほとんど重みを与えていない。

2 つ目の追試 (Oberto 等、2007) の結果は、RF ばく露と腫瘍発生との間に関連はないというアタリリッジ他の結果と一致した。つまり、1997 年の研究よりも改善された実験プロトコルを採用したこれら 2 つの研究では、腫瘍発生に対する影響を確認できなかった。上述の通り、BIR は RF にばく露された動物における腫瘍発生を調べた動物研究を僅か 2 編しか考察していない。これに対し、BIR の執筆よりも以前に公表された ICES のレビューには、このトピックに関する 35 編の研究が盛り込まれており、これらの研究の証拠の重みは、RF ばく露と腫瘍発生との間に関連はないことを示している (IEEE C95.1-2005、附録 B、B.7.1 項「動物のがんのバイオアッセイ」p.66-68 参照)。ICES のレビュー以降、このトピックについては更に 10 編以上の研究が公表されており (WHO 国際電磁界プロジェクトの研究データベース <http://www.who.int/peh-emf/research/database/en/index.html> 参照)、更に最近の研究の結果によって、実験動物の RF ばく露と腫瘍発生との間に関連がないことを示す証拠



の重みが強められている。BIR では、動物の腫瘍に関する長期的研究をレビューしていないことが大きな怠慢であり、その結果、BIR は生物学的な悪影響と相互作用のメカニズムについての支持できない主張につながる不完全な科学的評価を提示している。

### 遺伝毒性

BIR は、「RF ばく露は、現行の安全限度以下のばく露レベルを含む特定のばく露条件下で遺伝毒性がある（DNA を損傷する）と考えられる」（BIR、第 1 章、p.17）と結論付けている。この結論は、Stewart 報告と呼ばれる英国の携帯電話に関する独立専門家グループ（International Expert Group on Mobile Phone（以下、「IEGMP」という。））

（2000）や全米研究評議会（National Research Council（以下、「NRC」という。））（2008）による証拠の重みの評価からの結論と一致しない。BIR の結論の証拠の一部は、RF エネルギーにばく露されたラットの脳細胞における DNA 損傷（BIR、第 6 章）を報告した Lai 及び Singh の結果（1995、1996）、ならびに試験管内で培養した細胞における DNA 損傷を示した Rüdiger の研究室からの結果（Diem 等、2005；Schwarz 等、2008；BIR、第 1 章、p.17）に基づいている。Lai 及び Singh の研究に対する別の大学による追試研究には、異なる DNA 損傷方法を比較した広範な研究が含まれており、また当初の研究の正確な再現も含まれていた；その結果は、RF ばく露による DNA 損傷の増加を立証できなかった（Lagroye 等、2004）。別の研究（Malyapa 等、1997）も、DNA 損傷を確認できなかった。Stewart 報告は、DNA 損傷についての Lai 及び Singh の証拠は「幾つかの他の動物研究と食い違っており、試験管内研究によって支持されていない」と結論付けている（IEGMP、2000、5.134 節、p.70）。

Rüdiger の研究室から発表された試験管内での結果は、正確な再現を試みた独立した研究室によって確認できなかった（Speit 等、2007）。更に最近、Rüdiger の結果は科学的不正についての調査対象とされ、少なくとも同グループによる 1 編の論文に用いられたデータの一部が捏造されていたことが明らかになっている（Vogel、2008）。

国際的な専門家グループが作成した、NRC の最近の報告（NRC、2008）は、「この分野における大半の研究者は、RF 電磁界には遺伝毒性があるという仮説を支持する確かな証拠は存在しないということに同意している」と結論付けている（p.39）。彼らや他の専門家グループは明らかに、他の関連する大多数の証拠に照らして、Lai 及び Singh、ならびに Rüdiger のグループによる研究に対して重みをほとんど与えていない。動物の腫瘍に関する多くの研究についての包括的なレビューを実施していないこと、及び、少数の研究からの孤立した異論のある結果に焦点を当てていることにより、BIR は RF

ばく露の潜在的遺伝毒性に関する支持の得られていない結論に達している。

BIR は、社会的な論議と科学的な論議を混同している。例えば、RF 電磁界がストレスパク質に及ぼす影響の科学的レビューには、この分野で働く科学者の「固定観念」について推論した「今日の科学の問題のある内容」を論じた長文の論説や、他にも BIR のレビューの全体的な客観性を大いに損なう感情的なコメントがある。

### ばく露限度

BIR は、自身らの勧告を支持する根拠を提示することなく、電磁界のヒトへのばく露に対して、40 カ国以上で発効している限度よりも遥かに低い「プレコーション」的な限度を勧告している。例えば、BIR は RF エネルギーに対する一般公衆のばく露限度として  $0.614\text{V/m}$  を勧告しているが、これは米国及びその他の多くの国々で発効している現行の限度よりも（電界強度で）100 分の 1 または（電力密度で）10000 分の 1 程度低い。BIR の主な弱点は、国際的に受け入れられている RF ばく露限度の引き下げを支持する根拠がないことである。

BIR は、現行の安全基準は不十分で、その基準策定プロセスには「専門的な工学及び密接に関連した商業的利益の外にいるその他の利害関係者からのインプットが（あったとしても）非常に少ない」という欠陥があると繰り返し述べている（BIR、p.5）。これは正確ではない。RF 安全基準（C95.1-2005）を策定した ICES の第 95 技術委員会（TC95）の小委員会（SC4）は、その活動に対して直接的・具体的な関心を有する誰に対しても開かれている。IEEE C95.1-2005 の策定の際、SC4 には政府、大学、産業界、公衆から 132 人が参加した；彼らは 24 カ国と、医学、疫学、生物学、生物物理学、物理学、リスク評価、リスク・コミュニケーション、工学を含む 14 の学問分野を代表していた。参加者に、米国の連邦通信委員会、食品医薬品局、国立職業安全衛生研究所、職業安全衛生局の代表が含まれていたことは注目に値する。IEEE/ICES 委員会における無制限のアクセス、透明性、国際的な参加者の多分野にわたる広範な専門性は、BIR の 14 人の執筆者がその場限りの小規模なグループであることと対照的である。

COMAR は、仮に BIR の限度が一貫して採用された場合、従来のラジオ及び TV 放送サービス、空港のレーダー・システム、警察及びその他の緊急通信システム、無線電話及び無線インターネット・システム、ならびにその他の多くの無線周波の応用技術（いずれも公衆衛生及び安全にとって重要な便益を有する）の設置及び利用が妨げられるか、少なくとも大いに面倒なことになる。ゆえに、BIR の勧告は実際には、RF エネルギーを採用している多くの安全システムの有効性を損なうことで、リスクを潜在的に高めることになる。

## 【BIR についての保健機関の見解】

BIR についての更なる懸念が、欧州及びオーストラリアの以下の科学グループによって同定されている。

### 欧州委員会の第 6 次研究開発枠組みプログラムの電磁界研究調整委員会「EMF-NET」 (2007 年 10 月 30 日付)

BIR は「作業部会の合意による報告ではなく、様々な科学者及びコンサルタントによって執筆された章の寄せ集めである」。「公衆向け要約」は、「人騒がせで感情的な言葉で書かれており、良好に実施された電磁界研究からの科学的支持はない」。「同報告にはバランスが欠けている；執筆者らの声明と結論に沿わない報告については事実上全く言及されていない。その結果と結論は、このトピックに関する最近の各国及び国際的なレビューのそれとは全く異なる...仮にこの報告が信じられるものであれば、電磁界は様々な疾病や主観的な影響を生じることになる...国際的に受け入れられている電磁界限度よりも低いばく露による生物学的影響や健康影響を評価した各国または国際的なレビューでは、十分に受け入れられている国際的なリスク評価手法及び基準に従って科学文献のデータベース全体をレビューしたところ、これらの健康影響はいずれも確立されたものとして分類されていない」。

### オランダ保健審議会 (HCN) (2008 年 9 月 2 日付)

BIR の科学的価値に対する声明の中で、HCN は次のように結論付けている。「BioInitiative 報告は、客観的でも、科学的知識の現状についてのバランスのとれた反映でもない。ゆえに、電磁界ばく露のリスクについての現行の見解を改定する根拠を何ら提示していない。」

### オーストラリア RF 生体影響研究センター (2008 年 12 月 18 日付)

「全体として、BioInitiative 報告は科学を前進させるものではないと考える。また、同報告は『客観的でも、科学的知識の現状についてのバランスのとれた反映でもない』という点について、オランダ保健審議会に同意する。同報告は、科学的合意と一致しない一連の見解を提示しているに過ぎず、また、科学的合意に異議申し立てをするのに足るだけの確たる分析を示していない。」

## 【結論】

COMAR は、上記の 3 つのコメントと同じく、RF の生体影響に関する既存の文献における科学的証拠の重みは、BioInitiative グループが勧告している安全限度を支持していないと結論付ける。この理由から COMAR は、IEEE/ICES や、WHO と公式な関係を有する国際 ICNIRP といった、確立され、是認されている国際機関が勧告している RF の安全限度に基づいた政策を継続することを、政府機関及び公衆衛生当局に勧告する。

ユーリッヒ研究センター  
「子供の健康と RF 電磁界ばく露」(Wiedemann 等)

ユーリッヒ研究センター

「子供の健康と RF 電磁界ばく露」(Wiedemann 等)

## 【要旨】

### ○ 目的

本報告は、携帯電話及び基地局からの電磁界ばく露が子供の健康に及ぼす影響についての科学的証拠の現状をレビューし、評価するものである。

子供の健康についての 3 つの主な分野を評価した：

- ・ がん（脳のがん及び白血病）及び健康障害
- ・ 動物研究により調査された、胚の成長、子孫及び血液脳関門への影響
- ・ 認識及び中枢神経系（CNS）への影響

更に、ドシメトリの論点；即ち、子供は RF 電磁界ばく露の際に成人よりも多くの電力を吸収するかどうかについて検討した。

### ○ 手順

本報告は、オーストラリア、オーストリア、ベルギー、ドイツ、イタリア及びスイスから集められた国際的に認知された 7 人の専門家、及び助言のための 4 人の専門家の科学的提言、ならびに一連のワークショップにおける討論に基づいたものである。

上記の専門家の選択の際の重要なクライテリアは、彼らが電磁界研究において、国際的に認知された査読付の学術誌に掲載された論文の形で強力な記録を有していることとした。

助言のための専門家パネルは、ワークショップの際に上記の専門家の提言についての討論を支援した。助言のための専門家の選択の際には、彼らの科学研究が電磁界分野に特化したものである必要はなかった。その選択はむしろ、上記の専門家の提言を批判的にレビューするため、各分野についての彼らの理論的及び方法論的知識に依存していた。

その後、関係する全てのエンドポイントについて、証拠の地図；即ち、結論が依拠する主な論拠、及び残された不確実性の記述の図形的な表現を構築した。

この対話プロジェクトは 2007 年 10 月に開始し、2009 年 8 月に終了した。

## ○ 結果

### ドシメトリ

8歳以下の子供については、子供の頭部における SAR レベルは成人よりも高いという仮説に対する決定的な証拠は存在しない。全身ばく露については、ある状況下では ICNIRP の参考レベルは基本制限を越えないことを担保できない、という証拠が幾つかある。特定の周波数帯域、例えば 100MHz 及び 1.8GHz 前後に対する 8歳未満の子供 [のばく露] がこれに当てはまる。但し、更なる研究によってこのことが証明されたとしても、ICNIRP の基本制限は大きな安全係数を含んでおり、現実の全身ばく露レベルはたいがい ICNIRP の参考レベルよりも遥かに低いということを考慮しなければならない。

### 健康上の特定のエンドポイント

全体として、既存の科学的文献についてのレビューは、子供の健康が携帯電話または基地局からの RF 電磁界ばく露によって影響を受けるという仮説を支持していない。特に動物研究は、子供がリスクにさらされるという具体的な論拠を示していない。但し、ヒトのリスク評価における幾つかのエンドポイント、特に認識への影響及び一般的な健康障害に関しては、入手可能な証拠はどちらかといえば限定的で、確たる結論を導けない。この知識の欠落を埋めるため、更なる研究が必要である。

### ヒトについての研究

証拠のバランスは、子供の健康に対する RF 電磁界のリスクを示していない。

脳のがん：RF 電磁界ばく露が脳のがんを誘発するかも知れないということを示す証拠はない。入手可能な研究はラジオ及び TV 送信機からのばく露の影響を調べたものであったので、その結果を無条件に携帯電話基地局からのばく露に外挿することはできない。

白血病：証拠のバランスは、RF 電磁界との関連を支持していないようである。ここでも、上記の脳のがんについての研究と同じことを考慮しなければならない。

健康障害：子供の一般的な健康障害に関しては、入手可能な証拠は限定的であるが、RF 電磁界ばく露との関連を示していない。但し、1つの例外を除いて、これらの研究はばく露評価が貧弱であり、RF 電磁界ばく露を健康障害への影響と関連付けることを、不可能ではないが難しくしている。

認識及び CNS への影響：バランスから、これまでの証拠は、子供の認識課題遂行能力及び CNS 機能に対する RF 電磁界ばく露の影響についての具体的な兆候を示していな

い。但し、入手可能な証拠は非常に限定的で、RF 電磁界ばく露が子供の認識及びその他の CNS 機能に影響力を有しているかも知れないという可能性は排除できない。今後の研究で、子供の認識及びその他の CNS 機能に対する RF 電磁界ばく露の影響力が支持されたとしても、見出された影響を健康リスクの兆候と見なすことが出来るかどうかを評価することが重要である。

### 動物実験

動物実験からの入手可能なデータは、適切なばく露シナリオの RF 電磁界のばく露時に、若い動物がリスクにさらされるということを示していない。これらの結果を直線的にヒトに外挿する際の一般的な問題はあるものの、データは子供がより高いリスクにさらされるという兆候を示していない。

胚及び胎児の成長への影響：入手可能な研究では、非熱的ばく露レベルでの悪影響は報告されていない。動物実験からのこれらの否定的な結果をヒトに外挿することには制約がある。それでも、子供がより高いリスクにさらされるということは極めてありそうにない。

出生後の成長：子孫に関するほぼ全ての研究は、非熱的 RF レベルでのばく露時の子孫の成長に対する重大な脅威を何ら示唆していない。動物実験からのこれらの結果のヒトへの外挿には制約があるが、子供がリスクにさらされるという具体的な論拠を示していない。

血液脳関門への影響：証拠の重みは、RF 電磁界ばく露が若い動物の血液脳関門の透過性及び神経細胞損傷に影響を生じるという仮説をはっきりと論破している。但し、動物研究からのこれらの結果をヒトに外挿する場合には、幾つかの条件を設けなければならない。



デンマーク国家衛生評議会、フィンランド放射線・原子力安全庁、アイスランド放射線安全庁、ノルウェー放射線防護庁、スウェーデン放射線安全庁  
「固定無線局からの公衆の RF ばく露に関する北欧当局の共同声明」

デンマーク国家衛生評議会、フィンランド放射線・原子力安全庁、アイスランド放射線安全庁、ノルウェー放射線防護庁、スウェーデン放射線安全庁

「固定無線局からの公衆の RF ばく露に関する北欧当局の共同声明」

### 【結論】

北欧当局は、現時点では通常の生活環境における強度の RF により生じる健康への悪影響についての科学的証拠はない、ということに同意する。この結論は、以下の参考文献一覧に示す国際的な科学・諮問機関 [ICNIRP、1998 及び 2009 ; WHO、2005 及び 2006 ; SCENIHR、2009 ; スウェーデン放射線安全庁の電磁界に関する独立専門家グループ、2007] の提言と一致する。ゆえに北欧当局は、現時点では RF 低減のための更なるアクションについての共通の勧告は必要ないと理解する。

但し、RF 電磁界を用いる技術の多くが普及してきたのは僅か 20 年未満であるという点に留意することが重要である。ゆえに、RF 放射の健康影響の可能性についての積極的な研究と、この問題に関する科学的文献の再評価を継続することが重要である。また、異なる発生源からのばく露における進展と、そのような進展による健康影響の可能性をフォローすることも重要である。

北欧当局は、無線通信システムから一般公衆が受けるばく露の総量を低減するためには、固定アンテナと携帯電話等の端末の両方からの放射を考慮した、統合計画が必要であるという事実を強調することを望む。更に、公衆ばく露全体では、固定アンテナよりも携帯電話がより重要な発生源である。固定アンテナの数を減らした場合、接続を維持するため、携帯電話はより高い出力を使う必要が生じるので、一般公衆のばく露は増加するかも知れない。

# 現地調査

## 目 次

はじめに.....	1
1 国際機関.....	3
1.1 国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) .....	3
1.2 国際電気通信連合 (ITU) .....	5
1.3 欧州連合 .....	7
2 主要国.....	15
2.1 英国 (グレートブリテン及び北アイルランド連合王国) .....	15
2.2 フランス共和国 .....	25
2.3 ドイツ連邦共和国.....	35
2.4 アメリカ合衆国 .....	39
2.5 オーストラリア連邦 (多国間の調整会合) .....	45

## はじめに

電磁界の健康への悪影響に対する懸念から、無線基地局から放射される高周波電波の人体に対するばく露について、多くの国では、国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）が公表したガイドライン等に基づき、電磁界の人体に対するばく露制限値を定め、法令による規制を行っている。

しかしながら、その具体的な規制方法や遵守方法、特に無線基地局の設置者や運用者が一般公衆を高周波電波ばく露から保護するために行うべき具体的な防護措置については、必ずしも明らかではないことから、国際機関及び各国（英、独、仏、米、豪）における、無線基地局からの高周波電波ばく露に対する具体的な防護規則に関する調査を、現地調査を含めて行った。

## 1 国際機関

### 1.1 国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP)

国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP)<sup>1</sup>は、非電離放射線ばく露の潜在的な健康への影響に関する情報や助言を提供することを目的とした非営利組織であり、1992年に国際放射線防護学会 (IRPA) の下に設立された。

1998年4月にICNIRPは、電磁界の健康への有害な影響を防止するための電磁界ばく露制限ガイドライン<sup>2</sup>を策定した。本ガイドラインは、電磁界の人体に対する直接的及び間接的影響に関する研究の状況とそれを踏まえた電磁界ばく露制限のためのガイドラインであり、公衆に対するばく露制限値と職場における労働者に対する職業ばく露制限値を勧告している。職業ばく露制限値は、健康に有害な影響を及ぼすと考えられる値の10倍の安全係数が適用されており、また、公衆に対するばく露制限値は、労働者に対する職業ばく露制限値よりさらに5倍の安全係数が適用されている。ばく露制限値は、実証されている健康影響の根拠に基づいた制限値であり、電流密度、比吸収率(SAR)、等価平面波電力密度の物理量で示された基本制限と、基本制限の物理量の計測のために電界強度、磁界強度、磁束密度、電力密度で示された参考レベルが周波数範囲毎に定められている。

本ガイドラインでは、電磁界からの防護対策としては、以下の事項が定められている。

- ・電磁界ばく露を発生させている産業は、本ガイドラインの全ての面を遵守する責任がある。
- ・労働者の防護対策には、工学的及び管理的手段による管理、個人防護対策、医学的監視が含まれる。職場ばく露が基本制限<sup>(注)</sup>を超える場合には、適切な防護対策が措置されなければならない。最初の段階では、電磁界放射を許容レベルまで低減させる工学的手段が講じられるべきである。そのような手段としては、優れた安全設計があり、必要であればインターロックなどの健康防護のための仕組みがある。

(注) 基本制限：生体作用に直接関係するばく露制限値

- ・立ち入り制限、可聴・可視警報のような管理的手段による管理は、工学的手段と併せて用いられるべきである。防護服のような個人的防護対策は、特定の環境で

---

<sup>1</sup> International Commission on on-Ionizing Radiation Protection

<sup>2</sup> GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC, MAGNETIC, AND ELECTROMAGNETIC FIELDS (UP to 300GHz)

は有用であるが、労働者の安全確保のための最終手段とみなすべきであり、可能な限り、工学的及び管理的手段による管理を優先すべきである。さらに、高周波の衝撃及び熱傷を防止する手段として絶縁手袋のような物を使用する場合であっても基本制限を超えてはならない。なぜならば、絶縁物は電磁界の間接的な影響しか防護できないからである。

- ・防護服やその他の個人的防護対策を除く労働者に対する防護対策は、公衆ばく露が参考レベル<sup>(注)</sup>を超える可能性がある場合に適用することができる。また、次の事項を防止するための規則を設け、実施することも重要である。
  - ・医療電子機器及び装置（心臓ペースメーカを含む）との干渉
  - ・電氣的爆発装置（起爆装置）の爆発
  - ・誘導電磁界、接触電流、火花放電によって生じた火花による引火性物質の発火による火災及び爆発

（注）参考レベル：電界、磁界など測定可能な物理量で基本制限を示したもの

本ガイドラインには、法的拘束力はないが、ばく露制限値については、各国の規制機関により、国内規制の基準値として採用又は参考とされている。

## 1.2 国際電気通信連合 (ITU)

国際電気通信連合 (ITU)<sup>3</sup>は、電気通信に関する国連の専門機関であり、主に無線周波数や人工衛星軌道の国際的管理や無線通信、電気通信に関する標準化活動を行っている。ITU が策定した標準化文書は勧告 (Recommendation) と呼ばれる。ITU 勧告自体には、法的強制力はない。

### 1.2.1 電気通信標準化部門 (ITU-T) の勧告

ITU-T は、主に電気通信に関する標準化活動を行っており、電磁界ばく露に関しては、第 5 研究委員会 (Study Group 5 : 環境と気候変動) が、電気通信機器及び装置からの電磁界に対する健康リスク回避について検討を行っている。第 5 研究委員会の研究課題の一つに研究課題 3/5 「無線システム及び移動体通信装置からの電磁界の人体ばく露」があり、当該研究課題に関連する 3 件の勧告が承認されている。

2000 年 (2004 年改訂) に承認された勧告 K.52 「電磁界への人体ばく露制限値への適合に関する指針」<sup>4</sup>は、人体に対する電磁界ばく露の安全限界値への電気通信設備の適合性評価手順や電磁界ばく露の評価手順を定めたものであり、電磁界ばく露の低減方法として以下が規定されている。

- ・ 低減方法

電磁界強度が人体に対するばく露の安全限界を超えており、かつ、人が近づくことができるような箇所においては、電磁界ばく露を管理する必要がある。設備の特性を変更することができない場合における電磁界ばく露の効果的な管理方法は、限界値を超える区域への出入りを制限することである。

- ・ 職業区域

電磁界強度が「非管理／公衆」ばく露の限界値は超えるが、職業ばく露の限界値を超えない場合には、公衆のアクセスについては制限する必要があるが、労働者の当該区域への立ち入りは許される。物理的な遮蔽物やロックアウト (締め出し) の手順又は適切な表示などによって、アクセス制限を行うことができる。そうした職業区域に立ち入る労働者には、関連情報を通知しなければならない。そうした職業区域内には、常に使用する作業場所を設けないことが必要である。

- ・ 超過区域

電磁界が職業ばく露に対する限界値を超えるような区域では、労働者や一般公衆の

---

<sup>3</sup> International Telecommunication Union

<sup>4</sup> Guidance on complying with limits for human exposure to electromagnetic fields



アクセスを制限しなければならない。労働者が当該区域に立ち入る必要がある場合には、以下のような電磁界ばく露を管理する段階的手段を講じなければならない。

- (a) 放射源の電力を一時的に下げる。
- (b) ばく露の持続時間を管理することによって、時間平均ばく露を安全限界の範囲内に抑える。
- (c) シールドを施す。又は防護服を使用する。

### 1.2.2 無線通信部門 (ITU-R) の勧告

ITU-R は、無線周波数や人工衛星の軌道の管理、無線通信に関する標準化活動を行っている。電磁界ばく露関係では、2005年に勧告 BS.1698「任意の周波数帯で運用する地上放送システムからの非電離放射ばく露に関する電磁界評価」<sup>5</sup>を採択している。本勧告は、放送局からの距離による人体への電磁界ばく露の強度の算出法又は測定法を規定している。電磁界ばく露の防護手段として、防護障壁の設置や防護服の着用などが示されている。

---

<sup>5</sup> Evaluating fields from terrestrial broadcasting transmitting systems operating in any frequency band for assessing exposure to non-ionizing radiation

## 1.3 欧州連合

### 1.3.1 電磁界の公衆ばく露の制限に関する EU 理事会勧告

EU 理事会は、1999 年に、理事会勧告 1999/519/EC 「一般公衆に対する電磁界ばく露の制限に関する 1999 年 7 月 12 日付理事会勧告」<sup>6</sup>を採択し、EU 加盟国は、一般公衆に対する電磁界ばく露を制限するため、ICNIRP ガイドラインで示された基本制限と参考レベルに合致する制限値を採用するよう勧告した。また、本勧告は、加盟国に対し、電磁界ばく露による健康への影響に関する研究の促進とそうした研究結果の一般公衆への提供の促進についても勧告している。

本勧告の主要な内容は、以下のとおりである。

勧告事項Ⅱにおいては、加盟国は、電磁界ばく露についての健康保護を高いレベルで確保するため、

- (a) ICNIRP ガイドラインの基本制限と参考レベルの枠組みを採用すべきである。
- (b) 一般公衆に対する電磁界ばく露が重大である場合に、当該ばく露の発生源や発生させている活動について、ばく露制限値に合致させるための手段を措置すべきである。ただし、医療目的によるばく露は基本制限を超えていても、ばく露の危険性と便益を適切に比較考量すべきであり除外する。
- (c) 一般公衆に関する対しては、基本制限の遵守を目指すべきである。

とされている。

勧告事項Ⅳにおいては、加盟国は、本勧告に従って、電磁界の公衆ばく露に関する政策の決定や保護手段の採用に際しては、リスクと便益の両方について考慮し、そうした活動が求められているか否かについて判断すべきとされている。

勧告事項Ⅴにおいては、加盟国は、電磁界のリスクと保護についての理解を深めるため、一般公衆に対して電磁界の健康影響に関する情報の提供をすべきとされている。

さらに、勧告事項Ⅵでは、加盟国は、電磁界の健康影響の知識の強化のために電磁界ばく露と健康に関する研究や調査を促進すべきとされている。

その他、考慮事項(15)において、欧州共同体設立条約に従い、加盟国はこの勧告よりも厳しい制限値を設定してもよいとされている。

また、考慮事項(12)では、本勧告おける基本制限への遵守を評価するため、国内及び欧州標準化機関（CENELEC、CEN 等）は、装置の設計及び試験に関する規格の策定

---

<sup>6</sup> COUNCIL RECOMMENDATION of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300GHz)

を促進すべきとされている。

本 EU 勧告には、法的拘束力はないため、加盟国は必ずしも従う必要はないが尊重することが期待されており、多くの加盟国において、本勧告に基づく公衆ばく露の制限値や規格が定められている。なお、本勧告においては、一般公衆に対する電磁界ばく露に対する具体的な防護方法については定められていない。また、公衆衛生の分野は各加盟国の特権事項であるため、EU として公衆ばく露の制限値を規定することができないことから、EU 指令ではなく勧告として採択されたものである。

### 1.3.2 無線機器および電気通信端末機器指令（略称 R&TTE 指令）

1999 年、EU 理事会と EU 委員会は、「無線機器及び電気通信端末機器並びに当該機器の適合性の相互認証に関する 1999 年 5 月 9 日付理事会及び委員会 1995/5/EC 指令」<sup>7</sup>を採択した。本指令は、EU 域内における、無線機器及び電気通信端末機器の市場への投入、自由な移動、サービス供与のための枠組みの構築を目的としており、必須要求事項を満たしていることの確認（適合性評価）を製造業者あるいは輸入者等の製品供給者が実施し、自ら適合宣言を行うことで当該製品の市場投入やサービス供与が可能となる。

本指令の対象となる機器は、アマチュア無線機器等の一部の機器を除く全ての無線装置と電気通信端末機器が対象であり、携帯電話端末や携帯電話基地局、放送用無線装置などのほとんどの機器が対象とされている。

加盟国は、本指令に適合した装置については、周波数有効利用、有害な混信の回避、公衆の安全確保以外の理由により、国内での使用を禁止することは許されない（R&TTE 指令第 7 条第 2 項）。

R&TTE 指令第 3 条では、対象機器が満たさなければならない必須要件として以下が規定されており、人体に対する健康と安全性が含まれる。

- (1) 全ての機器に対するもの
  - (a) 利用者及び他のすべての人の健康と安全の保護（低電圧指令 2006/95/EC の安全要件を含む）
  - (b) EMC 指令（2004/108/EC）の EMC に関する保護要件
- (2) 無線機器については、有害な混信を回避するために周波数と人工衛星の軌道を効率的に利用するものであること。
- (3) 特定のクラスやタイプの機器に対するもの

---

<sup>7</sup> DIRECTIVE 1995/5/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 9 March 1999 on radio equipment and telecommunications terminal equipment and the mutual recognition of their conformity

- (a) 他の機器とネットワークを介して協同し、EU 全域において適切なタイプのインタフェースに接続できること。
- (b) ネットワークやその機能に損傷を与えないとともに、ネットワーク資源を誤用せず、それにより、サービスの許容できない低下を引き起こさないこと。
- (c) ～(f) (略)

EU 委員会作成の本指令に関するガイド<sup>8</sup>によると、上記の必須要件は、装置の利用によって引き起こされる全ての健康と安全性を包含しており、無線機器から放射される電磁界の人体に対するばく露制限値の遵守についても確保されなければならないとされている。

また、本指令第 5 条第 1 項において、加盟国は、対象機器が関連する整合規格に適合している場合には、当該機器は当該整合規格がカバーする必須要件に適合しているものとみなさなければならないとされている。

つまり、製品供給者は、本指令の対象となる無線機器から放射される電磁波が健康上の危険を引き起こすことがないことを、必須要件を満たしていることを自ら確認し宣言することをもって自ら証明する必要がある、必須要件を満たしていることの判断基準として、EU 整合規格が利用されている。

### 1.3.3 CENELEC 規格 (欧州整合規格)

CENELEC は、EU の電気工学関係の正式な規格策定機関であり、2010 年 1 月現在、欧州 31 ヶ国が参加し、評価や測定方法に関する各種規格を策定している。CENELEC の目的は、電気工学関係の自主規格の策定により、電気情報関係の機器・サービスのための単一の欧州市場／欧州経済地域の発展に貢献することである。

人体に対する電磁界関連の規格策定は、CENELEC の技術委員会の一つである TC106X において行われている。

高周波電波の公衆ばく露で制限に関する EU 勧告には法的拘束力はないが、無線機器及び電気通信端末機器に関する安全性を定めた R&TTE 指令により、EU 域内で製造、販売、使用される無線設備については、当該設備から放射される電磁界に対する人体の安全性が求められ、欧州整合規格である CENELEC 規格への適合により、R&TTE 指令が求める人体に対する安全性を満たすものとみなされる。つまり、公衆ばく露に関する CENELEC 規格は、ICNIRP ガイドライン／EU 勧告を踏まえて策定されているこ

---

<sup>8</sup> Guide to the R&TTE Directive 1999/5/EC version of 20 April 2009

とから、直接的ではないが R&TTE 指令を介して、公衆ばく露の制限に関する EU 勧告の義務化が図られている。

なお、関連する既存の国内規格が存在する場合には、当該規格が廃止されるまでの間は、CENELEC 規格の当該国内への適用は延期されている。

以下に、無線基地局の電磁界ばく露に関する主な CENELEC 規格を示す。

基本規格	製品規格	設置規格 (公衆ばく露)	現地評価規格
EN50383 <sup>9</sup>	EN50385 <sup>10</sup> (公衆ばく露) EN50384 <sup>11</sup> (職業ばく露)	EN50400 <sup>12</sup> EN50401 <sup>13</sup>	EN50492 <sup>14</sup>

EN50383、EN50384、EN50385 は、110MHz～40GHz 範囲の無線基地局単体での EU 勧告への適合領域の決定方法を規定している (SAR 測定方法、実測方法、計算方法)。

EN50400、EN50401 は、110MHz～40GHz 範囲の無線基地局の実際の設置に関して、公衆がアクセスする場所において、どのような条件であれば EU 勧告で定められた公衆ばく露制限値を満たすかについて規定している。

EN50492 は、基地局周辺におけるばく露レベルの具体的な測定方法を規定している。

また、職業ばく露に関する規格として EN50499<sup>15</sup>が 2008 年に策定されている。EN50499 は、2.1.4 に示す電磁界の職業ばく露制限に関する EU 指令 (2004/40/EC) への適合評価方法について規定している。

<sup>9</sup> Basic standard for the calculation and measurement of electromagnetic field strength and SAR related to human exposure from radio base stations and fixed terminal stations for wireless telecommunications system (110 MHz - 40 GHz)

<sup>10</sup> Product standard to demonstrate the compliance of radio base stations and fixed terminal stations for wireless telecommunication systems with the basic restrictions or the reference levels related to human exposure to radio frequency electromagnetic fields (110 MHz - 40 GHz). General public

<sup>11</sup> Product standard to demonstrate the compliance of radio base stations and fixed terminal stations for wireless telecommunication systems with the basic restrictions or the reference levels related to human exposure to radio frequency electromagnetic fields (110 MHz - 40 GHz). Occupational

<sup>12</sup> Basic standard to demonstrate the compliance of fixed equipment for radio transmission (110 MHz - 40 GHz) intended for use in wireless telecommunication networks with the basic restrictions or the reference levels related to general public exposure to radio frequency electromagnetic fields, when put into service

<sup>13</sup> Product standard to demonstrate the compliance of fixed equipment for radio transmission (110 MHz - 40 GHz) intended for use in wireless telecommunication networks with the basic restrictions or the reference levels related to general public exposure to radio frequency electromagnetic fields, when put into service

<sup>14</sup> Basic standard for the in-situ measurement of electromagnetic field strength related to human exposure in the vicinity of base stations

<sup>15</sup> Determination of workers exposure to electromagnetic fields

### 1.3.4 電磁界の職業ばく露制限に関する EU 指令 (2004/40/EC) <sup>16</sup>

2004 年、EU 理事会と EU 委員会は、「物理的因子（電磁界）による労働者ばく露リスクに係る健康と安全の最低限の要件に関する 2004 年 4 月 29 日付理事会及び委員会 2004/40/EC 指令」を採択した。本指令は、職場における労働者を電磁界ばく露から保護するための指令であり、電磁界の職業ばく露の制限値と防護方策について規定している。本指令で定める要件は、最低限の要件であることから、各加盟国は労働者保護のため、ばく露制限値の強化などより適切な規定を定めることができ、また、本指令の導入により、既存の国内規制が後退することがあってはならないとしている。

以下に、本指令の主要な内容を示す。

第 1 条（目的と範囲）では、本指令は短期的な悪影響により引き起こされる労働者の健康と安全リスクに関するものであり、長期的な影響を示唆するものは扱わないとしている。これは、発ガン性などの長期的影響については、確定的な科学的根拠がないためである。

第 2 条（定義）では、次のように定義している。

- ・「電磁界」：静磁界および 300GHz までの周波数で時間変化する電界、磁界、電磁界
- ・「ばく露制限値」(exposure limit value)：実証されている健康影響や生物学的理由に直接基づいた、電磁界へのばく露の限界値
- ・「行動値」(action value)：電界強度 (E)、磁界強度 (H)、磁束密度 (B)、電力密度 (S) で与えられる直接測定可能な数値

「ばく露制限値」と「行動値」は、ICNIRP ガイドラインの「基本制限」(basic restriction) と「参考レベル」(reference level) と全く同じで、用語が異なるだけである。これは、先行した 2 つの物理的因子（振動、騒音）の指令との用語の統一を図るためである。

第 3 条（ばく露制限値と行動値）では、ばく露制限値と行動値がそれぞれ附属の表 1、表 2 に示されていること、労働者の電磁界ばく露の評価、測定、計算に関しては、CENELEC の欧州整合規格が全ての関連する評価、測定、計算条件についてカバーす

---

<sup>16</sup> DIRECTIVE 2004/40/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 29 April 2004 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (18<sup>th</sup> individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC)

るまでの間は、加盟国はその他の科学的根拠に基づく基準又はガイドラインの使用を認められていることが定められている。

第4条（ばく露測定とリスク評価）第1項では、EU指令89/391/EECの第6(3)条及び第9(1)条で規定される義務を実施する際には、雇用者は労働者のばく露の電磁界レベルの評価、測定、計算を行わなければならないこと、評価、測定、計算は、CENELECの欧州整合規格が全ての関連する評価、測定、計算条件についてカバーするまでの間は、第3条で示した基準又はガイドラインによることが認められこと、また、関連する他の指令によってカバーされる場合には、装置の製造業者が提供する放射レベルを考慮して実施することも認められることが定められている。

第4条第2項では、前項の規定に従った電磁界ばく露のレベル評価の結果、もし、第3条で規定する行動値を超える場合には、雇用者は、ばく露制限値を超えているかどうかの評価、測定、計算を行わなければならないとしている。

さらに、第4条第5項では、リスク評価を実施する際には、指令89/391/EECの第6(3)条に従い、雇用者は、下記事項に特別の注意を払うよう要求している。

- (a) ばく露のレベル、周波数、持続期間と種類
- (b) 本指令第3条で言及したばく露制限値と行動値
- (c) 特定リスクの労働者の健康と安全に関する影響
- (d) 次のような間接的な影響
  - (i) 医療電子設備や装置（心臓ペースメーカーと他の植込み装置を含む）との干渉
  - (ii) 3mTを超える磁束密度の静磁界中にある強磁性物体の発射リスク
  - (iii) 電子爆発装置（起爆装置）の起爆
  - (iv) 誘導電磁界、接触電流またはスパーク放電で生じた火花によって可燃物質が引火して発生する火災や爆発
- (e) 電磁界へのばく露レベルを減少するように設計した置換用設備の存在
- (f) できる限りの発表情報を含み、健康調査から得られる適切な情報
- (g) 多数のばく露の発生源
- (h) 複数の周波数の電磁界に対する同時のばく露

第5条（リスク回避又は減少を目的とした規定）第2項では、リスク評価の結果、ばく露制限値を超えている場合は、以下の事項を考慮して、ばく露制限値を超えないよう技術的、組織的な方法による行動計画を導入しなければならないことが定められている。

- (a) 電磁界ばく露が低減する他の労働方法
- (b) より電磁界放射が少ない機器の使用
- (c) インターロック、シールド、その他同様な防護メカニズムによる、電磁界を放射を低減させる技術的な方法
- (d) 職場の機器、場所、位置の適切な管理計画
- (e) 職場の場所や位置のデザインやレイアウト
- (f) ばく露時間や強度の制限
- (g) 適切な個人用防護機器の利用

第 5 条第 3 項においては、第 4 条に規定するリスク評価を踏まえて、行動値を超える電磁界ばく露の可能性のある職場においては、第 4 条第 2 項で定められた評価によりばく露制限値を超えていないとの評価結果が得られない限り、1992 年 6 月 24 日付 92/58/EEC 指令に適合した標識を掲示しなければならないこと、また、ばく露制限値を超えるかもしれない区域は明確にされ、そうした区域へのアクセスは制限されなければならないことが定められている。

また、第 5 条第 4 項では、いかなる場合も労働者に対して、ばく露制限値を超えるばく露があつてはならず、本指令に適合した方法によってもばく露制限値を遵守することができない場合には、雇用者は、直ちにばく露制限値以下となるような措置を講じなければならないと定められている。

その他、第 8 条（健康調査）では、EU 指令 89/391/EEC 第 14 条（健康調査）に従って、電磁界ばく露の健康への悪影響に対し予防と早期診断を行う目的で適切な健康調査を実施すること、さらに制限値を超えるばく露がある場合には、労働者が医療検査を受けられること、そのばく露による健康障害があれば雇用者は第 4 条に従ってリスクの再評価を実施すること、健康調査担当の医師や医療専門家は第 4 条のリスク評価結果を確実に利用できるよう雇用者は適切な措置をとること、守秘義務を考慮し健康調査結果は後日の診察に供するために適当な形式で保存されること、個々の労働者は必要なときには自己の健康管理記録を利用できること等が規定されている。

なお、本指令の各加盟国の国内法への導入の期限として、当初は 2008 年 4 月 3 日と規定されていたが、2008 年 4 月 23 日付 EU 指令<sup>17</sup>により、2012 年 4 月 30 日まで延長

---

<sup>17</sup> DIRECTIVE 2008/46/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 April 2008 amending Directive 2004/40/EC on minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (18<sup>th</sup> individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC)



された。その理由として、同指令の考慮事項に以下のように示されている。

- ・本指令は ICNIRP のガイドラインに基づくものであるが、現在、ICNIRP では新たな研究結果に基づく ICNIRP ガイドラインの見直しを行っており、また、WHO においても環境健康クライテリアの見直し作業を行っており、制限値が変更される可能性があること（考慮事項（2））。
- ・本指令のばく露制限値は、MRI などの医療従事者に対して遵守が困難であることから、制限値の見直が必要であること（考慮事項（3））。
- ・本指令の円滑な導入に必要な CENELEC 規格は、上記の見直し結果を踏まえて策定する必要があること（考慮事項（4））。
- ・新たな情報の入手と分析、新たな指令案の作成と採用に時間が必要であり、2004/40/EC 指令の加盟国への導入を 4 年間延期することが適当であること（考慮事項（5））。

## 2 主要国

### 2.1 英国（グレートブリテン及び北アイルランド連合王国）

#### 2.1.1 公衆ばく露制限値の遵守に関する規制

英国には、無線設備から放射される電磁界の人体に対するばく露について直接的に規制する法令は存在しない。また、電磁界ばく露に関する制限値を定めた法令も存在しない。

英国において、無線周波数の管理などの電気通信行政を担当する行政機関は通信庁（OFCOM）<sup>18</sup>である。しかしながら、OFCOMは、健康と安全に関しては、電気通信事業者が健康と安全に関する関連法令の下で、事業者の責任において確保されるべきものであるとしており、無線局の免許申請の認可審査に際しては、無線局からの電磁界ばく露については考慮していない。

英国においては、無線設備からの電磁界ばく露を直接的に規制する法令が存在しないが、労働安全衛生法令並びに業界による自主的な取組み及び国・地方自治体・業界等の関係者による取組みによって、一般公衆及び労働者の電磁界ばく露保護が図られている。

国民の電磁界ばく露に対する関心が高く、業界としても自主的に ICNIRP ガイドラインへの適合性を確保するなど、業界の自主的な取組みが行われている。このため、法令により電磁界ばく露の制限値を規定しなければならないとの必要性は認められおらず、また、技術的進歩によりこうした制限値は変化し得る可能性が高いとの理由で、法令ではなくガイドラインで十分であるとの考え方である。

##### 2.1.1.1 労働安全衛生法による規制

###### (1) 労働安全衛生法の概要

英国においては、電気通信関連の法令ではなく、1974年労働安全衛生法<sup>19</sup>や1999年労働安全衛生管理規則<sup>20</sup>などの健康と安全への影響保護に関する法令により、一般公衆への電磁界ばく露について保護される仕組みとなっている。

一般に、労働安全衛生法は、職場における労働者の安全と健康の確保を目的としているが、英国の労働安全衛生法においては、事業者に対して職場における労働安全衛生の確保のみではなく、事業活動によって生じる従業員以外の者、一般公衆に

---

<sup>18</sup> Office of Communications

<sup>19</sup> Health and Safety at Work etc Act 1974

<sup>20</sup> Management of Health and Safety at Work Regulations 1999

対する健康と安全の確保についても規制している。

英国労働安全衛生法第1条（序文）では、安全衛生法の目的を定めており、第1条第1項（B）では、職場における労働者の活動又はそれに関連して生ずる健康と安全に関する危険性に対して、職場の労働者以外の者の保護を本法の目的の一つとして規定している。

また、第3条（事業者、自営業者の従業員以外の者に対する一般的な義務）第1項及び2項では、全ての事業者及び自営業者は、合理的に実行可能な範囲において、当該事業者の従業員以外の者が健康と安全に関して危険性を受けることがないよう、その事業を行う義務を負うと定められており、同条第3項では、別に定められる場合において、全ての事業者及び自営業者は、別に定める状況及び方法により、その事業の実施により生じる可能性がある健康と安全への影響に関する情報を、事業活動の実施により影響を受ける可能性がある当該事業者の従業員以外の者に対して提供する義務を負うと定めている。

なお、英国労働安全衛生法は、労働安全衛生に関する一般的な規定を定めるものであるため、個別分野に関する規定はなく、電磁界ばく露からの保護についても、本法によりカバーされる事項ではあるが、本法において明示的には規定されていない。また、1999年労働安全衛生管理規則は、労働安全衛生法の施行規則として、事業者が実施すべきリスク評価、測定、責任者の任命、適切な情報提供、訓練に関する規定を定めている。

英国労働安全衛生法の基本的な考え方として、事業活動の結果により生じる一般公衆及び労働者に対するリスク管理は、国ではなく事業者が全責任を負うべきものであること、しかしながら、リスクをゼロにすることは費用対効果の観点から現実的でないことから、合理的に実行可能な範囲で事業者がリスク管理を適切に実施することが求められている。このため、特定のリスクのみを極端に減らそうとすると他のリスクが高まるおそれがあり、事業者は事業活動により生じる多様なリスクを総合的に評価（リスクアセスメント）し、合理的に実行可能な範囲で全体のリスクを低減させることが求められる。労働安全衛生法では、達成すべき目標は定めるが、それをどのように達成すべきかについては、事業者の自由裁量に委ねている。ただし、あまりにリスクが大きすぎて何をすべきかについて事業者に委ねることが適切ではない場合については、規制により定めている。つまり、電磁界ばく露については、事業者は自らの事業活動によって生じる労働者及び一般公衆に対するリスクを適正に評価し、リスクに応じて、よりリスクが低減される手段の採用、障壁に

よるアクセス制限、防護服、防護ゴーグルの使用などの措置を講ずることが求められている。

## (2) 労働安全衛生法による電磁界ばく露規制

労働安全衛生法では、電磁界ばく露からの保護に関して明示的に規定はされていないが、安全衛生庁（HSE）<sup>21</sup>に安全衛生に関する監査権限が与えられており、同法が対象とする健康と安全に関して問題が生じた場合には、電磁界による問題を含め、HSE 監査官（Inspector）による監査が行われる。

HSE は、労働安全衛生法第 10 条に基づき設立された組織で、労働安全衛生法の関連規則の適切な実施に関する義務を負っており、同法の健康、安全に関するほとんどの規制、監督の責任を有している。

HSE の監査官が、電磁界が健康と安全に有害な影響を与えているかどうかに関する評価を行う際には、英国においては電磁界ばく露の制限値を規定する法令が存在しないことから、HSE はその評価指標として、健康防護庁（HPA）<sup>22</sup> が作成した HPA ガイドラインを踏まえて評価することとなる。もし、HPA ガイドラインが遵守されているのであれば、HSE は、電磁界ばく露に関するリスクは、適切に管理されているものとみなす。HSE の電磁界ばく露に関する監査は、通常の監査（苦情への対応や事故調査）の中で行われる。なお、HSE の監察官には、施設への立ち入り、現場での測定、写真等の記録などの権限が与えられており、監査の結果、関連法令への違反が見つかった場合には、その違反による危険性に応じて、改善通知書又は禁止通知書が事業者に対して送付される。

HSE の監査は、通常は、事故発生率等の統計分析により選定された重点分野に対して年次の監査計画に基づき実施される。電磁界ばく露に関して HSE 監査が実施された例はないようである。

### 2.1.1.2 電磁界ばく露制限値に関する HPA ガイドライン

2004 年、健康防護庁（HPA）の放射線防護部門は、電磁界ばく露制限値に関する指針を公表した。これは、1998 年に英国放射線防護庁（NRPB）<sup>23</sup> が公表したガイドラインを改訂したものであり、1998 年の ICNIRP ガイドラインで定める公衆ばく露及び

---

<sup>21</sup> Health and Safety Executive

<sup>22</sup> Health Protection Agency

<sup>23</sup> National Radiological Protection Board (NRPB) は、2005 年 4 月 1 日に Health Protection Agency (HPA) の Centre for Radiation, Chemical and Environmental Hazards, Radiation Protection Division (RPD) (HPA の放射線・化学物質・環境ハザード・センター放射線防護部) に改組された。

職場ばく露の制限値の英国内への適用を勧告している。この勧告を発表するに当たり、NRPB は、多くの専門家による疫学、生物学、測定法に関する包括的な科学的証拠についての再評価を行い、その結果として、ICNIRP のガイドラインが適切であるとの結論を出した。その裏付けとなった科学的証拠に関する論評も発表されている。

- ・「電磁界ばく露制限に関する勧告（0～300 GHz）」<sup>24</sup>  
（NRPB Vol.15 No.2, 2004）
- ・「電磁界ばく露制限に関する科学的証拠の論評（0～300 GHz）」<sup>25</sup>  
（NRPB Vol.15 No.3, 2004）

HPA ガイドラインには、法的拘束力はないが、1974 年労働安全衛生法の下で安全衛生庁（HES）の監査の際の評価基準に利用されていることから、間接的な強制力が生じている。なお、HPA ガイドラインには、電磁界ばく露に対する防護方策に関する記述はない。

英国健康保護庁放射線防護部（HPA-RPD：旧 NRPB）は、2005 年 4 月に放射線防護庁（NRPB）が健康防護庁（HPA）に統合され、HPA の放射線・化学物質・環境ハザードセンターの放射線防護部として新たに発足したものである。放射線防護部は、電離放射線と非電離放射線に関し、次の業務を担当しているが、直接的な規制は担当しておらず、その活動に法的な強制力はない。

- ・放射線リスク防護の科学知識を発展させる研究への取組み
- ・実験の遂行、技術的サービスの提供
- ・研修コースの実施
- ・専門家への情報提供
- ・英国における重要な諮問機関としての役割

HPA は、英国国民の健康を保護する統合的方策の提供を目的として、2003 年に特別の健康機関<sup>26</sup>として設立され、NHS<sup>27</sup>（国民保健サービス）、地方自治体、緊急サービス、その他アームス・レングス機関<sup>28</sup>、保健省および分離地域行政当局<sup>29</sup>に対する支援及

---

<sup>24</sup> Advice on limiting exposure to electromagnetic fields (0 -300 GHz) NRPB Vol.15 No.2, 2004

<sup>25</sup> Review of the Scientific Evidence for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (0–300 GHz) NRPB Volume 15, No. 3, 2004

<sup>26</sup> Special health authority

<sup>27</sup> National Health Service

<sup>28</sup> Arm's length body: 保健省管轄の独立した国立機関で、地方の NHS、社会医療サービス、他のアームス・レングス機関との連携により、保健医療・社会医療システムを規制し、基準を改善し、国民の健康を保護し、地域サービスを支援する業務を担当する。

び助言を行っている。

### 2.1.1.3 無線機器及び電気通信端末規制

EU の「無線機器および電気通信端末機器指令」(略称 R&TTE 指令)に基づき、英国国内規制として「R&TTE 規則 2000」<sup>30</sup> が制定されている。本規則第 4 条では、EU の R&TTE 指令第 3 条と同等の対象機器が満たすべき必須要件が定められており、第 4 条 (2) の (a) に人体に対する健康と安全が必須要件の一つとして定められている。本規則により、英国国内において無線基地局を製造、販売、利用する場合には、電磁界ばく露に関する欧州整合規格への適合が義務づけられている。

### 2.1.1.4 携帯電話事業者の 10 の実行責務

2001 年に携帯電話事業者は、基地局設置に関する住民の懸念に対応するため、無線基地局プロセスの透明性の向上、公衆に対するより多くの情報の提供、基地局設置に関する公衆の役割の増大を目的として、10 の実行責務 (Ten Commitments) を果たすこととした。その中には、公衆ばく露に関する ICNIRP ガイドラインの遵守が含まれており、地方行政に対する基地局設置の許可申請に際して、ICNIRP ガイドラインに適合するように設計されている旨の宣言書を申請書に添付することとしている。10 の責務の内容は、以下のとおり。

- (1) 地域コミュニティとの協議の改善  
地域コミュニティとの協議の改善のための明確な標準と手続の開発  
例：交通標識モデル (点数化されたリスクの合計値により青、黄、赤で分類)
- (2) 地方政府計画担当者との詳細な協議  
地方政府計画担当者に対する事前説明及び事前申請協議の実施
- (3) 基地局の共有  
基地局共有に関する明確で透明性のある基準と業界協定
- (4) 地方政府のためのワークショップの開催  
地方政府及び地方議員に対する通信技術に関する専門的なワークショップ開催
- (5) 無線基地局のデータベース  
無線基地局情報に関する政府と協力したデータベースの提供
- (6) ICNIRP 公衆ばく露ガイドラインの遵守

---

<sup>29</sup> Devolved Administration：北アイルランド、スコットランド、ウェールズ地方の行政機関

<sup>30</sup> The Radio Equipment and Telecommunications Terminal Equipment Regulations 2000 (Statutory Instrument 2000 No.730)

スチュアート報告書で勧告された、全ての無線基地局についての ICNIRP の公衆ばく露ガイドラインへの適合性の確認

(7) ICNIRP 適合証明書の提出

無線基地局設置に関する地方自治体への申請における、ICNIRP 公衆ばく露ガイドラインへの適合宣言書の提出

(8) 質問への迅速な回答

無線基地局に関する苦情、質問に対する 10 日以内の回答を行うための専門スタッフの配置

(9) 健康と携帯電話に関する研究支援

携帯電話と健康に関する政府独自の科学研究への金銭的支援の開始

(10) 開発計画作業のための標準化文書

開発計画担当官の認可作業を支援するための標準化された事務文書の開発

### 2.1.1.5 電気通信分野における計画政策ガイダンス通達<sup>31</sup>

(1) 通達本文

計画政策ガイダンスは、様々な分野における開発計画に関する政府の政策見解を示すものであり、地方政府の開発計画担当部局は、地方政府の開発計画の策定や個別の計画申請、事前協議等の処理に際して考慮すべきものとされている。

電気通信分野におけるガイダンスは、1992 年に策定されたものが 2001 年 8 月に電気通信技術の進歩や健康への影響等を踏まえて改正がなされたものであり、電気通信ネットワーク開発（無線局アンテナや鉄塔、局舎、公衆電話ボックス、電柱、電線等）に関する政府の政策として、環境に与える影響を最小限にしつつ電気通信システムの発展を促進すること、一般公衆の健康保護は中央政府が責任を有することが示されている。具体的には、電気通信事業者と地方政府との年次協議及び個別申請時の事前協議、地域関係者に対する事前周知と協議、自然景観に対する配慮、鉄塔や設置場所の共有、景観に配慮したデザイン、健康への考慮等が記述されている。一般公衆の健康保護に関する記述の概要は、以下のとおり。

「開発計画の認可手続は、一般公衆の健康保護の手段を決定すべき場ではない。その手段の決定は中央政府の責務である。よって、基地局の設置の申請においては、申請された携帯電話基地局が ICNIRP の公衆ばく露ガイドラインに適合するのであれば、地方政府計画担当部局において更なる検討は不要である。」

---

<sup>31</sup> Planning Policy Guidance Note 8 : Telecommunications

## (2) 附属資料

本ガイダンスの附属資料には、ガイダンス本文で示された各項目の関連情報が記載されている。

### ① スチュアート報告の勧告事項に対する政府回答

2000年に公表されたスチュアート報告<sup>32</sup>の勧告事項に対する政府回答として、以下の事項が記述されている。

- ・携帯電話基地局からの電磁界の公衆ばく露に関する ICNIRP のガイドラインへの適合については、ほとんどの基地局については既に ICNIRP ガイドライン値に適合しているが、携帯電話事業者は、既存の全ての基地局について評価するとともに新たに設置する全ての基地局についても適合させるとしている。
- ・無線基地局データベースの設置については 2001 年後半に無線通信庁 (RA)<sup>33</sup> において整備し、データベースの情報は RA のホームページ上で公開する。
- ・基地局に対する独立監査については、RA が実施しており、その結果は RA のホームページに掲載されている。
- ・ICNIRP ガイドラインを超える電磁界放射から、公衆を保護するために全ての基地局の周囲に排除区域を設定することについては、これらの区域はアンテナの正面かアンテナの高さ近傍となるため、警告標識は、マクロセルやピコセルに関して使用されるべきである。
- ・携帯電話事業者及び公的資金による重要な研究プログラムについては、政府は業界と協力して研究プログラムを開始した。
- ・NRPB により更なる研究レビューを行い、3 年以内に進捗報告を行う。
- ・健康保健省は、携帯電話端末と基地局に関するリーフレットを配布する。

### ② 健康と安全法令の解説

健康と安全法令の解説として、以下の事項が記述されている。

- ・電気通信事業者は、1974 年労働安全衛生法及び 1999 年労働安全衛生法管理規則に基づき、電磁界放射ばく露による健康への影響を含む健康と安全に関するリスクの評価、一般公衆のアクセスの制限（例えば、締め出し及び標識を伴った障壁）を行う義務がある。

---

<sup>32</sup> 1999 年に政府指示により NRPB において組織された携帯電話に関する専門家グループ (Independent Expert Group on Mobile Phones : IEGMP) が 2000 年 5 月に公表した報告書。委員長の名前からスチュアート報告 (Stewart Report) と呼ばれている。

<sup>33</sup> Radiocommunications Agency。現在の Ofcom。



- ・当該分野の法制度の施行は安全衛生庁（HSE）の管轄であり、もし、電気通信事業者が法定義務を果たしていない証拠がある場合には、HSE は監査を行い、必要な措置を求める。
- ・健康と安全に関する法令への適合性を評価する際は、HSE は NRPB ガイドラインを参照する。

### ③ 携帯電話基地局に関する健康と公衆の懸念のための考慮事項

携帯電話基地局に関する健康と公衆の懸念のための考慮事項として、以下の事項等が記述されている。

- ・全ての新しい携帯電話基地局は、ICNIRP ガイドラインへの適合が期待されており、全ての基地局申請書には、ICNIRP ガイドライン適合の事業者の宣言書が添付されるべきであること、電気通信事業者は、地方政府に対し、個々の基地局の位置、アンテナ高、周波数及び変調方式、送信出力の詳細について提供すべきであること、既存の携帯電話基地局が存在する場合には、電気通信事業者は、累積の電磁界ばく露が ICNIRP ガイドラインを超えないことを確認すべきであること。

#### 2.1.1.6 携帯電話基地局設置におけるベストプラクティス基準<sup>34</sup>

副首相府<sup>35</sup>は、2002 年に「携帯電話基地局設置におけるベストプラクティス基準」を発表した。これは、中央政府、地方行政政府並びに携帯電話事業者の代表により作成されたもので、携帯電話基地局設置に関して、自然や田園風景、都市景観、健康への影響を踏まえ、携帯電話事業者と地方行政政府及び地域住民とがより効果的な実質的な協議が行えるよう、実際的な助言を提供することを目的としている。なお、本基準は、あくまで自主規則であり、法的拘束力はない。

ベストプラクティス基準の「ICNIRP 公衆ばく露ガイドラインへの適合宣言」の中には、電磁界の公衆ばく露について下記の事項が記述されている。

- ・全ての申請は、ICNIRP の公衆ばく露ガイドラインへの適合声明書を添付されるべきである。
- ・ICNIRP 公衆ばく露ガイドラインへの適合は、通常、算術的な計算、注意深く設置されたアンテナ位置、必要に応じ措置されたアクセス制限、物理的障壁、表示

<sup>34</sup> Code of Best Practice on Mobile Phone Network Development

<sup>35</sup> Office of the Deputy Prime Minister。2006 年 5 月に Department for Communities and Local Government に移行した。

によって判断される。事業者は、ガイドライン制限値を超える可能性のあるアンテナの周辺区域に、公衆が知らずにアクセスすることがないようにしなければならない。

- ・アンテナから放射される電磁界の計算は、EN50383のような認定された規格に基づきなされるべきである。
- ・適合性の判断には、すべての携帯電話基地局からの放射を考慮すべきである。

### 2.1.1.7 携帯電話基地局からの電磁界測定等

2000年5月、NRPBの「携帯電話に関する独立専門家グループ (IEGMP)」<sup>36</sup>が、スチュアート報告とも呼ばれる「携帯電話と健康」<sup>37</sup>を発表した。この報告には、携帯電話で使用される周波数については、公衆ばく露に関するICNIRPガイドラインを採択すべきという、英国政府に対する勧告が含まれており、これを踏まえ、2.1.1.2に記述したように、2004年に、HPA (旧 NRPB) は、電磁界ばく露制限値に関するガイドラインを公表した。

このスチュアート報告は、基地局からの電磁界放射がICNIRPガイドラインを超えていないことを確認するための基地局に対する独立した無作為な測定を行うことや政府が基地局に関する国のデータベースを立ち上げ、全ての基地局とその放射に関する情報を公表すべきあるとの提言を行っている。

英国政府はこの提言を受け、通信庁 (OFCOM : 旧 RA) は、2001年から基地局から放射される電磁界の測定を開始し、その結果をOFCOMのホームページ上で公開している。500以上の場所の評価が行われているが、全てICNIRPの公衆ばく露ガイドラインを十分に下回る結果となっている。

<http://www.ofcom.org.uk/sitefinder/audits/>

また、「Sitefinder」と呼ばれるデータベースを運営し、英国全土における既存の携帯電話基地局の設置場所、送信周波数、送信出力、アンテナ高さ、事業者名などの情報を公開している。ただし、データベース上のデータは、携帯電話事業者から任意で提供されたデータであり、OFCOMはその内容については、如何なる責任も負うものではないとしている。

<http://www.sitefinder.ofcom.org.uk/>

<sup>36</sup> Independent Expert Group on Mobile Phones

<sup>37</sup> Sir William Stewart (Chairman), “Mobile Phones and Health”, A report from the Independent Expert Group on Mobile Phones, Chilton, IEGMP Secretariat (May 2000).

<http://www.iegmp.org.uk/>

OFCOM は、上記のような活動はしているものの、携帯電話基地局に関する設置計画や健康問題については責任を負うものではないとしている。

## 2.1.2 職業ばく露制限値に関する遵守に関する規制

2.1.1.1 に記述したように、英国には、無線設備から放射される電磁界のばく露保護について直接的に規制する法令や電磁界の職業ばく露の制限値を規定する法令は存在しないが、無線設備からの職業ばく露による労働者の安全性については、労働安全衛生法令により確保されている。

なお、多くの場合、職業ばく露については、基地局の設置場所へのアクセス通路に警告標識が設置されている。標識には ICNIRP ガイドラインの制限値を超える区域（管理区域）及び電気通信事業者の連絡先表示されている。管理区域は、通常は、屋上等であるため、ドアがロックされており関係者以外は立ち入ることができない。

電磁界の職業ばく露規制の EU 指令（2004/40/EC）の英国内法への導入の検討が、安全衛生庁（HSE）により進められていたが、EU 指令の各加盟国への導入期限が 2012 年まで延期されたことより、HSE の作業も EU 指令の見直し作業の結果待ちの状態となっている。

## 2.2 フランス共和国

### 2.2.1 公衆ばく露制限値の遵守に関する規制

1999年のEU勧告に基づき、公衆ばく露規制に関する法令が順次整備されている。無線基地局の設置者及び電気通信事業者等の運用者は、基地局の設置に際して、基地局からの電磁界放射が公衆ばく露基準に適合することを計算値又は実測値により証明することが求められている。

また、基地局からの電磁界放射が公衆ばく露基準を超えることのないよう、どのように基地局を設置すべきであるかを示したガイドラインが作成されている。

#### 2.2.1.1 郵便及び電気通信法典<sup>38</sup>

2004年の法律及び2006年の政令により、郵便及び電気通信法典が改正され、公衆ばく露の制限値を定める規定及びその遵守を確認するための測定に関する規定が郵便及び電気通信法典において定められた。以下に、公衆ばく露に関する主な規定を示す。

郵便及び電気通信法典第L34-9-1条では、公衆ばく露の制限値につき、別に定める政令により、公衆が電磁界に曝される場合における、電気通信ネットワーク又は第L33-3条で定める無線設備から放射される電磁界の制限値を規定すること、当該制限値の遵守については、別に定める政令により規定された品質要求を満たす組織によって、現地において確認することができることが定められている。

また、第L43条では、周波数庁（ANFR）<sup>39</sup>は、利用可能な地域での電波利用の向上を確保するため、すべての種類の無線基地局の設置を調整するとともに、第L34-9-1条で定められた電磁界への公衆ばく露制限値が遵守されているかどうかの監視を行うこと、無線基地局の設置の決定はANFRの承認によるものか、視聴覚最高評議会（CSA）<sup>40</sup>の権限に属する決定による場合には、ANFRの答申を得た後となること、同評議会は、ANFRの答申を受け開催され、会議ではばく露制限値に関するテーマが取り上げられることが定められている。

CSAに関する規定は、放送局を担当しており放送局の設置許可についてはCSAの管轄ではあるが、放送局の設置許可に当たりANFRの意見を確認することが義務づけられているということである。

---

<sup>38</sup> Code des Postes et Télécommunications

<sup>39</sup> Agence Nationale des Fréquences

<sup>40</sup> Conseil supérieur de l'audiovisuel

さらに、第 D100 条では、L34-9-1 条で定められた制限値の遵守を確認するすべての組織は、フランス認定委員会（COFRAC）又は EU 域内の相互認証の枠組みの中で認められた組織によって現地測定機関として認証を受けた機関でなければならないとしている。

また、同法典第 D101 条は、第 100 条で定める現地での確認は、後述する公衆ばく露制限値に関する 2002 年 5 月 3 日の政令の規定に合致するよう行われることが定められている。

### 2.2.1.2 「携帯電話基地局アンテナに関する通達」（2001 年 10 月 16 日付）<sup>41</sup>

本通達は、900MHz 帯及び 1800MHz 帯の携帯電話基地局の設置について、EU 理事会勧告 1999/519/EC により定められた公衆ばく露制限値を遵守するため、電気通信事業者及び設置工事施工者向けに出された通達である。

900MHz 帯及び 1800MHz 帯の携帯電話基地局の設置に関して、健康保護、環境保護、地元関係者等との協議組織の設置、事業者の検査義務について解説されている。本通達には強制力はなく、ガイドラインの位置づけである。

本通達の趣旨は、電気通信ネットワークに使用される設備から放射される電磁界について、間もなくばく露限界値が政令により定められる予定であることの周知である。また、それに関連して建築科学技術センター（CSTB）<sup>42</sup>が EU 勧告のばく露制限値に基づき作成した携帯電話基地局の設置に関する実務ガイドラインを周知することである。

建築科学技術センターが作成した携帯電話基地局の設置に関するガイドラインには、携帯基地局のタイプに応じた安全区域の範囲や警告標識の設置が定められている。以下に、その概要を示す。

#### (1) 基本制限と参考レベル

- ・ばく露測定は、ANFR が発行する現地測定プロトコルによって規定された測定方法によらなければならない。
- ・参考レベルを超えている場合には、基本制限に適合していることを確認するため他の方法により直接的にばく露レベルを評価しなければならない。

#### (2) 基地局周辺の安全区域

- ・電気通信事業者は、安全区域の設定、アンテナ放射電力の調整、安全区域への立

---

<sup>41</sup> La circulaire interministérielle du 16 octobre 2001 relative aux antennes relais de radiotéléphonie mobile

<sup>42</sup> Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB)

ち入り禁止、安全区域への立ち入りの際に当該基地局の電波放射の停止の依頼を行うための電気通信事業者の電話番号を示す標識の設置などを行わなければならない。

- ・アンテナのタイプ別の安全区域

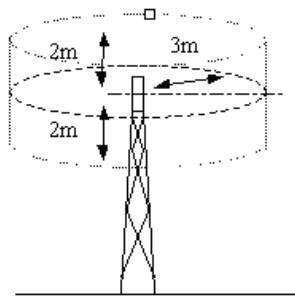
以下に、本ガイドラインの安全区域の記載例を示す。

① 鉄塔等の頂上のマクロセル用アンテナ

(ルーラルエリア又は鉄塔頂上、900MHz 帯と 188MHz)

人里離れた場所及び供水塔や鉄塔の頂上に設置されたアンテナは、専門家以外の一般公衆は容易に近づくことができず、また、防御区域を設定することができないことから、電気通信事業者は、アンテナの存在と事業者の電話番号を示す標識を設置しなければならない。

安全区域：アンテナ水平 3m、垂直上下 2m



② 都市部のマクロセル用フロントパネルアンテナ

建物の壁面に設置されるマクロセル用基地局

安全区域：

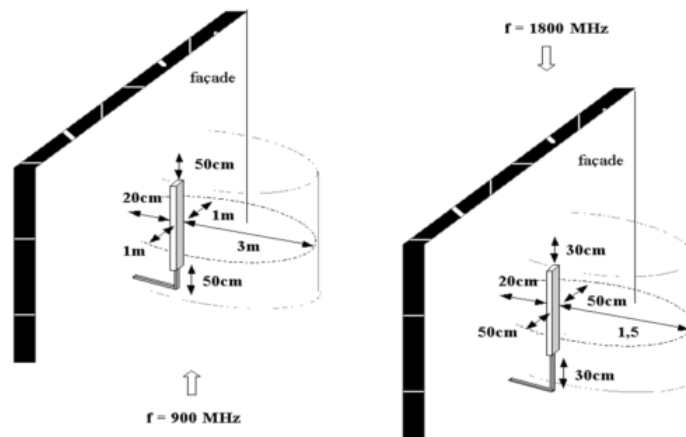
- ・ 900MHz 帯

アンテナ前方 3m、側面 1m、後方 50cm、垂直上下 50cm

- ・ 1800MHz 帯

アンテナ前方 1.5m、側面 50cm、後方 50cm、垂直上下 30cm

建物の壁による減衰効果により、アンテナ後方の距離を短くすることが可能である。多くの場合、窓やバルコニーの端からアンテナを離すことが適当である。実際には、アンテナは、窓から少なくとも 1.5m、バルコニーから 2m 離して設置すれば、上記の安全区域に人が近づくことはない。



### 2.2.1.3 技術ガイド「無線局位置と公衆のための安全区域のモデリング」<sup>43</sup>

「携帯電話中継基地局アンテナに関する通達」(2001年10月16日付)では、900MHz帯及び1800MHz帯の携帯電話基地局の設置について、公衆ばく露を考慮した設置方法や基地局周辺の安全区域が示されているが、本技術ガイドでは、携帯電話基地局を含めた様々な無線システムの無線基地局についての基地局周辺の安全区域及び基地局設置方法について示されている。

本技術ガイドは、2001年10月16日付通達の改正通達の附属資料となる予定のものであり、現在、改正通達は、環境グルネル委員会の結論を待っている状況にある。なお、本技術ガイドは、既にANFRのホームページ上で公開はされており、ANFRとしては、本技術ガイドに掲載されている基地局周辺の安全区域は、計算により求められたものであることから、環境グルネル委員会の検討によって内容が変更されることはないとの認識である。

本技術ガイドでは、以下の無線基地局について基地局周辺の安全区域や基地局の設置方法が示されている。

- ・ 携帯電話 (GSM900、GSM1800、UMTS/IMT2000 を含む)
- ・ FM ラジオ及びアナログ・デジタル地上 TV 放送
- ・ 3.5GHz 帯ローカル広帯域無線システム (例: WiMAX)
- ・ 400MHz 帯業務用移動無線システム (PMR400MHz)
- ・ 2.45GHz 帯無線 LAN システム (例: WiFi)

なお、本技術ガイドで示される安全区域は、公衆ばく露の参考レベルを超えるか超え

<sup>43</sup> GUIDE TECHNIQUE MODELISATION DES SITES RADIOELECTRIQUES ET DES PERIMETRES DE SECURITE POUR LE PUBLIC (Version 22/02/2008)

ているかもしれない区域である。また、本技術ガイドでは、各無線システムの基地局周辺の安全区域を示すのみで、安全区域内（公衆ばく露制限値を超える可能性のある区域）への立ち入り制限のためのフェンス等の設置や警告標識の設置といった防護措置についてはほとんど示されていない。

また、無線システムの発展を踏まえ、今後、以下の無線システムについての規定が追加される予定である。

- ・ 5GHz 帯無線 LAN
- ・ 固定マイクロ波通信
- ・ パーソナル移動 TV
- ・ UMTS 900/1800MHz
- ・ その他

#### 2.2.1.4 「郵便及び電気通信法典第 L32 条の 12°に準拠して制定され、通信ネットワークで使用される設備又は無線施設が発する電磁界への公衆ばく露規制値に関する 2002 年 5 月 3 日付政令第 2002-775 号」<sup>44</sup>

本政令は、EU 理事会勧告に基づき、全ての無線機器に対する公衆ばく露の制限値を規定するものである。EU 勧告と同様に公衆ばく露の基本制限値と実測可能な参考レベルが規定されている。また、公衆ばく露の制限値の遵守を確認するための行政手続が規定されている。しかしながら、公衆ばく露の制限値を超える電磁界ばく露からの具体的な防護措置に関する規定はない。

なお、本政令の根拠法令である郵便及び電気通信法典第 L32 条の 12°は、2004 年 7 月の法律改正により、同法典第 L34-9-1 条となっている。

本政令の概要は以下のとおり。

- ・ 本政令は、全ての無線設備の運用者及び利用者に適用される（第 1 条）。
- ・ 第 1 条の該当者は、電気通信ネットワーク機器及び無線設備から放射される電磁界の公衆へのばく露レベルが付帯条項 2.1 で規定される限界値を下回るよう留意する。当該機器及び無線設備から放射される電磁界レベルが付帯条項 2.2 に示す基準レベル未満であれば公衆ばく露制限値は遵守されているものとみなされる（第 2 条）。

---

<sup>44</sup> Décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 pris en application du 12° de l'article L. 32 du code des postes et télécommunications et relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques



- ・特定地点において複数の無線設備からの電磁界放射がある場合には、第1条の該当者は、全ての設備による公衆ばく露レベルが、本政令の付帯条項 2.3A に定める規制値を下回るように留意する。当該すべての無線設備から放射される電磁界の合計が付帯条項 2.3B に定める基準レベルを満たしていれば、2.3A に定める義務は果たされる（第3条）。
- ・第2条及び第3条の規定は、無線通信ネットワーク機器及び無線設備が関連規格又は規定に適合し、これに従って設置され、利用されている場合には守られているものとみなされる。関連規格又は規定は、欧州共同体官報又はフランス共和国官報に記載されている（第4条）。
- ・行政機関あるいは周波数割り当ての管轄官庁から求められた場合には、第1条の該当者は、機器又は設備が第4条で示す規格又は規定に適合していることを示す届出、あるいはばく露規制値ないし必要な場合には基準レベルの遵守を証明する文書を含む書類を、かかる機関あるいは官庁に提出する。この証明に当たっては、公衆電磁界ばく露レベル現地計測プロトコルなどをその適用範囲内で使用してよい。同プロトコルの参照先は欧州共同体官報あるいはフランス共和国官報に記載されている（第5条）。
- ・前項で定める書類には、機器又は装置から半径 100 メートル以内の教育機関、保育所あるいは医療・介護機関における、当該機器又は設備から放射される電磁界による公衆ばく露をできるだけ少なくするための措置を明記する（第5条第2項）。

### 2.2.1.5 公衆ばく露制限値の遵守方法

フランスにおいては、電磁界ばく露の制限値を超える区域へのアクセス制限や警告標識等の具体的な防護措置を定めた規則は存在せず、関連する法令文書は、2001年10月6日付の携帯電話基地局アンテナに関する通達だけである。

フランスにおいては、携帯電話事業者の自主的取り組みとして、基地局周辺を白いプラスチック製の鎖で囲み、一般公衆が立ち入らないよう措置している。これは屋上に設置された基地局においても同様である。

しかしながら、2001年10月6日付の携帯電話基地局アンテナに関する通達においても2002年5月3日付政令第2002-775号においても、こうした措置を講ずることを義務づけた規定はない。2001年10月6日付通達では、基地局周辺の安全区域を定めているが法的義務はなく、また、標準化された警告標識の規定もない。基地局からの公衆ば

く露基準の具体的な遵守方法については、基地局の運用者及び設置者の判断に委ねられている。

無線基地局からの電磁界放射の公衆ばく露の制限値は、周波数庁（ANFR）によるアンテナ設置認可手続きの中で確認される。ANFR は、無線周波数の利用に関する計画策定、管理を所掌する周波数管理機関であるが、郵便及び電気通信法典第 L43 条の規定により、電磁界の公衆ばく露について下記の 3 つの業務を担当している。

- ・電磁界の公衆ばく露に関する制限値の遵守
- ・アンテナ設置に関する申請処理
- ・地方自治体による協議組織への参加

5W を超える無線局を設置しようとする者は、基地局設置について ANFR に申請し、認可を受けなければならない。個別基地局の設置に関するこの申請手続きは COMSIS<sup>45</sup>と呼ばれ、無線局の混信防止及び電磁界の公衆ばく露制限値への適合について審査される。なお、1～5W の無線局については、ANFR への届出となり、1W 以下の無線局の設置については自由である。申請書に添付される技術資料に、公衆ばく露に関する以下の内容が含まれる。

- ・電磁界の公衆ばく露制限に関する 2002 年 5 月 3 日の政令によって規定された参考値への適合の有無
- ・一般公衆がアクセス可能な安全区域（アンテナ周辺の公衆ばく露制限値を超える区域）の有無、及び安全区域が存在する場合、その表示の有無
- ・基地局から半径 100m 以内の保育園、学校、病院等の名前及び住所、当該施設方向のアンテナメインローブの有無、当該施設における電磁界強度の推定値及び公衆ばく露制限値に対する比率

制度上は、安全区域を示す標識の設置は義務付けられていないが、申請時にはその有無の提出が求められている。また、2002 年 5 月 3 日付政令第 2002-775 号により、基地局から半径 100m 以内に存在する保育園、学校、病院等への公衆ばく露の値はできる限り小さくするよう求められているが、その具体的な目標値を定める規則はないため、当該施設における電磁界強度の推定値を申請時に提出させることにより、できる限り電磁界ばく露が小さなシステムの設置を求めている。

通常、公衆ばく露に関する審査は、文書で行われ、ANFR による電磁界測定はなさ

---

<sup>45</sup> Commission consultative des sites et servitudes

れない。基地局の技術的な特性及びその設置状況に基づき、公衆ばく露の制限値への適合性が確認される。通常は、既知のタイプの基地局申請が大部分であるためである。しかしながら、新しいタイプの無線システムの申請の場合には、実地に測定を行い、申請書の信頼性を確認する。基地局管理の担当職員数は、ANFR 職員の半数の約 340 名であるため、個々の基地局の現地確認までは行うことができない。その代わりに、ANFR は、代理人により全ての基地局が認可どおりの設置をしているかについて簡易な測定により確認している。

なお、申請者は、実測値により公衆ばく露の制限値に遵守していることを証明することも認められており、フランス認定委員会 (COFRAC)<sup>46</sup> あるいは欧州域内の同等の認定機関により認定された測定組織による測定結果により公衆ばく露基準への適合を証明することができる。実地測定の方法については、ANFR が定めた実地測定規格である ANFR/DR-15 によらなければならない。

無線基地局の測定データは、測定機関から ANFR と電気通信事業者の双方に送られ、ANFR は、そうした測定データを蓄積分析し、分析結果を一定期間ごとに公表している。毎年 2,000 件程度の実測が行われているが、2001 年から現在まで、公衆ばく露の制限値を越えたとの報告はない。

### 2.2.1.6 携帯電話基地局からの電磁界測定等

2007 年に全国市長会と携帯電話事業者は、携帯電話基地局設置に関する携帯電話事業者と地域社会との関係に関するガイドライン<sup>47</sup>に署名した。これによると、誰でも(市民、市長その他)、事業者に対して携帯電話基地局からの放射される電磁界の測定を要求することができる。事業者は、フランス認定委員会 (COFRAC) が認定した測定機関に依頼して携帯電話基地局からの電磁界測定を行う。市民は、住居周辺の基地局がどの事業者により設置されたものか知ることができないため、市民→市長→電気通信事業者の流れが一般的である。測定結果は、ANFR にも提供され、ANFR は「CARTORADIO」と呼ばれるシステムにより ANFR のホームページ上で公開している。

なお、現行の手順では、電気通信事業者が測定機関に直接、電磁界測定を依頼することになっており、電気通信事業者と測定機関は直接的な関係が生じていることから、認定された測定機関の自主性をより一層高めるため、電気通信事業者が測定事業者に直接、測定を依頼することのないよう、電気通信事業者からの拠出による基金を設置して、測定機関への経費負担は当該基金が行うことにすることが検討されている。

---

<sup>46</sup> Comité français d'accréditation

<sup>47</sup> Guide des relations entre opérateurs et communes

また、ANFR では、フランス全域の出力 5W 以上の無線局（国防、内務省、航空関係を除く）に関する情報（設置場所、技術的特性）を CARTORADIO で公開している。情報は COMSIS 手続きにより提出された申請データである。

<http://www.cartoradio.fr>

### 2.2.2 職業ばく露規制

フランスにおいては、職業ばく露を規制する法令は存在しない。電磁界の職業ばく露制限に関する EU 指令（2004/40/EC）の EU 加盟国への国内法化の期限が 2012 年 4 月 30 日まで延長されたため、当該 EU 指令がどのような内容に修正されるのか結果を待っているところである。

### 2.2.3 環境グルネル法案

2007 年に新たな環境政策を検討するため、国、地方自治体、民間企業、関連団体、労働組合、有識者等が参加する環境グルネル会議<sup>48</sup>が設置され、気候変動対策にとどまらず公衆衛生、廃棄物処理等を含めた環境に係わる幅広い分野の施策検討が行われた。

環境グルネル会議の検討結果に基づき、2009 年 8 月に基本方針を定める「環境グルネル実行計画法（環境グルネル第一法）」<sup>49</sup>が制定され、2009 年 10 月に個別分野について規定する「環境への全国コミットメント法案（環境グルネル第二法案）」<sup>50</sup>が上院で可決された。電磁界に関する規定も含まれており、電波利用に関しては、環境グルネル第二法案第 72 条に規定されている。主な内容は以下のとおりである。

- ・頭部に対する電磁波ばく露を制限する付属品なしの無線端末の販売を禁止する（郵便及び電気通信法典の改正）。
- ・電磁界測定認定機関による測定結果は、ANFR に提供され、ANFR はその測定結果を一般公衆及び環境衛生安全庁 (Afsset)<sup>51</sup> が利用できるようにする。なお、住居における電磁界測定結果は、その所有者及び住民に提供され、住民はその結果について一般公衆が利用可能とすることを拒否することができる（郵便及び電気通信法典の改正）。

---

<sup>48</sup> Le Grenelle de l'environnement

<sup>49</sup> LOI n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (1)

<sup>50</sup> PROJET DE LOI ADOPTÉ PAR LE SÉNAT APRÈS DÉCLARATION D'URGENCE portant engagement national pour l'environnement

<sup>51</sup> Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail

- ・視聴覚最高評議会（CSA）は、視聴覚分野の開発において、環境及び一般公衆の健康の保護について高いレベルで確保すること（通信の自由に関する1986年法の改正）。
- ・14歳以下の子供による携帯電話の利用を促進させる宣伝は、直接的であろうとなかろうと禁止する（公衆衛生法典の改正）。
- ・子供の過度のばく露を制限するため、6歳以下の子供の利用を目的とした携帯電話端末を含む物品の提供は、有料、無料に関わらず厚生大臣の政令により禁止することができる（公衆衛生法典の改正）。
- ・労働者に対する電磁界ばく露の健康と安全に関する危険性の防止規則は、国務院の議を経た政令で定められる（労働法典の改正）。
- ・幼稚園、小学校、中学校において、生徒による携帯電話の利用を禁止する（教育法典の改正）。

グルネル第二法案については、2010年5月に国民議会（下院）による審議が予定されており、現在、国民議会の持続可能な開発委員会において、下記のような環境グルネル第二法案の修正提案が幾つか出されているようである。

- ・携帯電話端末からの電磁波の出力のより明確な表示
- ・ICNIRPガイドライン値以下ではあるが、平均的な測定値（1V/m以下）を著しく上回る測定結果（5～10V/m）となる地点（ホット・スポット）の調査

その他、携帯電話基地局の出力を低下する提案等も検討されているようであるが、携帯電話出力を低下させると基地局数を増加させる必要があり、それにより、都市景観への悪影響、屋上ではなく建物の側面への基地局設置による健康への影響増、設置コスト増による利用者負担増などが指摘されており、既に提案されている修正案を含め、今後、環境グルネル第二法案の修正に向けて、多様な議論が行われることが予想される。

なお、グルネル(Grenelle)とは、政府、民間、労働組合、有識者等の多様な各界の代表者で構成される会合を意味し、1968年にパリのグルネル通りにある労働省において、政府、労働組合、企業の代表者が賃金値上げや労働時間短縮について合意したグルネル協定に由来している。

## 2.3 ドイツ連邦共和国

### 2.3.1 公衆ばく露制限値の遵守に関する規制

公衆ばく露に関する規制は、連邦汚染防止法の下に定められた電磁界政令及び電磁界規制に関する証明手続き政令に基づき行われている。

連邦ネットワーク庁が、規制の実施機関として、無線基地局の設置に対する許可を担当している。連邦ネットワーク庁は、安全距離を示した設置許可書を交付し、申請者は当該設置許可証を添付して、地方自治体等の関係行政庁に設置の許可申請を行う。

連邦ネットワーク庁は、必要に応じて現地確認を行う権限を有している。

#### 2.3.1.1 連邦汚染防止法

公衆ばく露規制については、連邦汚染防止法<sup>52</sup>に基づき制定された「連邦汚染防止法の第 26 施行令（電磁界政令-26.BimSchV）<sup>53</sup>」において規制されている。連邦汚染防止法は、人、動物、植物、土壌、水、大気、文化財その他財産を有害な環境汚染からの保護及び環境汚染の発生の防止を目的としている（第 1 条）。

連邦汚染防止法は、環境汚染防止に関する基本法であり、同法においては個別分野に関する規定はなく、同法に基づき制定された政令により、それぞれの所管官庁により、その実施が監督される仕組みとなっている。連邦汚染防止法第 52 条第 1 項において、所管官庁は、この法律及びこの法律に基づく規制の実施に関する監督をしなければならないと定められ、第 2 条第 2 項では、所管官庁は、施設の所有者及び運用者、施設が設置されている土地の所有者に対して、公衆や居住地に対する危険を防止するために、立ち入りや監査を要求できると定められている。

#### 2.3.1.2 連邦汚染防止法第 26 施行令（電磁界政令-26.BImSchV）

電磁界政令-26.BimSchV は、連邦汚染防止法に基づき電磁界からの公衆ばく露を保護するために制定された政令である。高周波（10MHz～300GHz）及び低周波（16 2/3Hz、50Hz）の電磁界を放射する装置に関する規制が定められている。高周波装置の対象については、使用周波数 10MHz～300GHz で送信出力が EIRP（等価等方輻射電力）で 10W 以上の無線設備とされている。また、電磁界政令-26.BImSchV は、連邦汚染防止

---

<sup>52</sup> Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (1974) (BImSchG)

<sup>53</sup> 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetz (1996.12.16) (26.BImSchV)

法の規定により、商業目的以外の装置は対象外とされており、連邦国境警備隊、連邦陸軍、連邦水利海運管理局などの公目的のみの装置やアマチュア無線機のような個人用機器には適用されない。公共放送法に基づく放送局についても適用除外とされている。

以下に、電磁界政令の主な内容を示す。

電磁界政令第2条（高周波装置）では、有害な環境汚染を防止する観点から、高周波無線装置については、最大出力、かつ、他の無線設備からの放射を考慮した上で以下のように、設置、運用されなければならないと定められている。

- ・ 付属資料1で規定される電磁界強度の制限値を超えないこと。
- ・ 電磁界がパルス状である場合には、電界及び磁界の最大値が付属資料1の制限値の32倍を超えないこと。

付属資料1で規定される制限値は、ICNIRPの前身であるIRPA/INIRC（非電離放射線委員会）、ICNIRP、連邦環境省管轄下の放射線防護委員会（SSK）<sup>54</sup>の勧告に基づき規定されている。レーダーなど電磁界がパルス状となる場合における電磁界強度が、ICNIRPガイドラインの32倍を超えてはならないとする規定は、IRPA/INIRCの勧告に基づくものである。

電磁界政令第5条（電磁界強度、電束密度の確定）では、装置から放射される電磁界強度と磁束密度強度の測定と計算に際しては、DIN VDE 0848 パート1で規定される測定方法と計算方法によることができ、測定は、公衆が一時的に立ち入るような場所ではない所において最大出力で実施しなければならないこと、計算により制限値への遵守が確認できる場合には、測定は不要であることが規定されている。

電磁界政令第7条（届出）では、高周波装置の運用者は、装置運用又は大規模な装置の変更を行う少なくとも2週間前までに所管官庁に届け出なければならないと規定されている。連邦ネットワーク庁が発行する設置許可証には、高周波装置に関する情報と公衆ばく露制限値に適合するために必要な基地局からの距離に関する情報が含まれることが規定されている。

### 2.3.1.3 電磁界規制に関する証明手続の政令<sup>55</sup>

「電磁界規制に関する証明手続の政令（2002.8.20）」は、商用の無線基地局から放射

<sup>54</sup> Strahlenschutzkommission (SSK)

<sup>55</sup> Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung Elektromagnetischer Felder. 2002.8.20 (BEMFV)

される電磁界からの公衆の保護についての証明手続き、すなわち、連邦ネットワーク庁に対する無線局の設置許可手続きを規定したものである。

以下に、本政令の主な内容を示す。

第2条（定義）では、安全距離の定義として、定められた制限値が確保される基地局からの距離と定めている。また、管理区域として、事業者が人々の立ち入りや滞在について管理できる区域又は實際上、人々が立ち入ることができない区域と定義している。

第3条（制限）では、本政令の対象が9kHz～300GHzの周波数を利用する無線局であることが規定されている。

第5条（設置許可の交付）第1項では、連邦ネットワーク庁（旧：郵便通信規制庁）は、計算又は測定により電磁界制限値の遵守に必要な基地局からの距離を決定することが定められており、第2項では、安全距離が事業者の管理区域内である場合には、設置許可証を交付しなければならないこと、また、安全距離内に人が誰もいない場合には、無線装置を設置することができるとしている。

つまり、連邦ネットワーク庁は、無線基地局からの電磁界ばく露から公衆を保護するため、公衆ばく露制限値を満たす基地局からの距離を決定し、その範囲内に公衆が立ち入ることのないよう事業者が管理することが確認できた場合、あるいは現地の状況から、事実上、誰も立ち入ることができないことが確認できた場合に、設置許可を交付としている。設置許可証には、アンテナの地上高、主な放射方向、安全距離（水平、垂直方向）が示される。なお、設置許可証で示される安全距離は、最大出力時を想定して計算されている。

第4条（アンテナ位置）及び第6条（共用設置）では、基地局のEIRP出力が10Wを超える場合に設置許可が必要とされているが、EIRP出力が10W未満であっても設置場所における電磁界放射の合計値が10Wを超える場合には、設置許可が必要であることが定められている。

第13条（検査）では、連邦ネットワーク庁は、設置許可した値の遵守を実地に確認することができ、事業者は、連邦ネットワーク庁の職員の立ち入り検査を通常の勤務時間内に受け入れなければならないことなどが規定されている。

第14条（連邦ネットワーク庁の命令）では、連邦ネットワーク庁は、本政令への遵守を確保するため、事業者に対して必要な命令を出すことができ、場合によっては、無線基地局の運用の制限や禁止を命じることができるとしている。



#### **2.3.1.4 携帯電話基地局の情報提供**

連邦ネットワーク庁では、ドイツ全域の携帯電話基地局に関する情報をデータベース化し、ホームページ上で公開している。携帯電話基地局のアンテナの放射方向、地上高、安全距離などの情報を見ることができる。なお、地方行政庁に対しては、より詳細な情報をデータベースから得ることができるが、アクセスにパスワードが必要とされている。

<http://www.bundesnetzagentur.de/enid/2.html>

#### **2.3.2 職業ばく露制限値の遵守に関する規制**

連邦汚染防止法令は、職場における労働者の保護については、適用範囲外であり、労働者保護については、労働安全衛生の関連法令が適用される。現在、職業ばく露の制限値を具体的に定めた法令は存在しない。

## 2.4 アメリカ合衆国

### 2.4.1 米国環境政策法と無線局からの高周波無線ばく露規制

1969年に制定された米国環境政策法（NEPA）<sup>56</sup>は、連邦政府に活動に対する環境アセスメント制度を定めた法律であり、一部の例外を除く全ての連邦政府機関の活動に対して、環境への配慮を求めている。全ての連邦政府機関は、環境への影響が懸念される活動に関して、その最終の意志決定前に米国環境政策法への遵守が義務づけられている。米国環境政策法は幅広い連邦政府の活動に適用され、連邦政府が行う建設プロジェクト、連邦政府が保有する土地の管理開発計画、連邦政府が行う助成、免許、許可のような許認可業務も含まれる。

無線局からの高周波電波ばく露の制限値やその遵守については、連邦通信委員会（FCC）が担当官庁となっている。FCCは、米国における電気通信、放送分野の独立規制機関であり、無線周波数管理、無線局の規制や免許付与などを所掌している。米国環境政策法により、FCCが行う全ての活動に対する環境への影響評価が求められ、FCCでは、FCCが行う許認可行為に対する米国環境政策法への適用手続きを、FCC規則と呼ばれる連邦規則集（CFR）<sup>57</sup>の「47 電気通信（47 CFR）」の第1部（実施と手続き）の中に、17条から構成される「サブパート I（1969年米国環境政策法の施行手続）」を設け、環境影響評価手続きを定められている。本サブパートにおいて、無線局からの高周波電波ばく露の制限値やその遵守に関する規定が定められている。

### 2.4.2 高周波電波ばく露に関する規制

#### 2.4.2.1 FCC 規則

FCCでは、高周波電波ばく露は、無線局認可前に考慮すべき潜在的な環境因子であるとして、FCC規則 § 1.1307(b)において、環境評価（EA）の用意が必要とされる環境に重大な影響を与える可能性のある活動の一つとして、高周波電波ばく露に関する規定を定めている。以下に、無線周波放射ばく露に関する主な規定を示す。

§ 1.1307(b)では、FCCが行う無線局の設置許可、無線局免許又はその更新免許、既存の無線局の変更認可について、もし、当該無線局の設置、運用、送信機が、§ 1.1310及び§ 2.1093で定める無線周波放射ばく露の制限値を超える場合には、環境評価（EA）の用意が求められること、FCCに対する無線局の設置許可、無線局免許又はその更新

---

<sup>56</sup> National Environmental Policy Act of 1969

<sup>57</sup> Code of Federal Regulations (CFR)

免許、既存の無線局の変更認可を行う申請書には、別に規定する場合を除き、申請内容が無線周波放射のばく露制限値に合致することの確認についての声明文が含まれなければならないこと、また、FCC の要求により、この声明文の根拠を示す技術的情報を FCC に提出しなければならないことが定められている。 § 1.1310 では、無線基地局に関する無線周波放射ばく露の制限値が規定されており、 § 2.1093 では携帯機器（身体から 20cm 以内で使用）に関する無線周波放射のばく露評価について規定されている。

さらに、 § 1.1307(b)(1)では、FCC により規制される全ての装置、運用、送信機については、原則、 § 1.1310 及び § 2.1093 で定められた適切なばく露制限値が適用されること、 § 1.1310 及び § 2.1093 で定められたばく露制限値への合致の決定及び当該制限値を超えているかどうかのための環境評価（EA）の用意が、表 1（常に環境評価が求められる送信機、装置及び運用）で規定されるもの及び § 2.1091 及び § 2.1093 への適合が求められる移動携帯サービスに利用される端末機については、常に求められることが定められている。なお、 § 2.1091 では、携帯機器（身体から 20cm 以上離れて使用）に関する無線周波放射のばく露評価について規定されている。

§ 1.1307(b)(1)の表 1 では、常に環境評価(EA)が求められる送信機、装置及びその運用条件が無線通信サービス毎にリストアップされており、例えば、実験局については 100W ERP（1640W EIRP）を超える場合、セルラー・サービスの基地局についてはチャンネルの総出力が 1000W ERP（1640W EIRP）を超える場合、衛星通信及び放送局についてはすべて、無線ブロードバンドサービス及び教育ブロードサービスについては 1640W EIRP を超える場合などのように定められている。

§ 1.1310（無線周波放射ばく露の制限値）では、表 1（許容最大ばく露制限値（MRE））に無線周波放射の公衆ばく露及び職業ばく露の制限値が定められており、当該制限値は、人体に対する無線周波ばく露についての環境影響評価の基準値として使用されること、これらの制限値への適合評価に関する更なる情報は、FCC の FCC 工学・技術室報告第 65 号（OST/OET Bulletin No.65）に記述されていることが定められている。

なお、表 1 の脚注に、「職業／管理下」におけるばく露制限値は、労働者がばく露の可能性について十分に認知しており、かつ、その区域から離れることや他の手段を講ずることにより、自らのばく露を管理できる状況にある場合に適用される。また、「職業／管理下」における制限値は、「公衆／非管理下」のばく露制限値を超える区域を一時的に通過する場合にも適用されること、公衆ばく露については、「公衆／非管理下」のばく露制限値として一般公衆がばく露する可能性がある場合、労働者がばく露の可能性

について十分に認知していない場合、あるいは労働者が自らのばく露を管理できない場合について適用されると記述されている。

#### 2.4.2.2 FCC 工学・技術室報告第 65 号 (OET Bulletin 65) <sup>58</sup>

FCC 工学・技術室は、1997 年 8 月に、FCC 工学・技術室報告第 65 号「無線周波電磁界の人体ばく露についての FCC ガイドラインへの適合評価」を公表した。本報告書は、適合評価のためのガイドラインと助言を与えるものであるが、義務的手続きを確立するものではなく、また、適切な技術的根拠に基づくものであれば、他の方法及び手続きも受け入れられるとしている。以下に、本報告書の主な内容を示す。

- ・ FCC が無線設備の設置又は運用を認可することにより、環境に重大な影響を及ぼす可能性がある場合には、申請者は FCC 規則で定められた情報とともに環境への影響を示す環境評価 (EA) の提出が求められる。EA が必要かどうかの当初の判断は申請者の責任である。
- ・ 提出された EA 文書は、FCC 職員により審査され、次の段階である環境影響声明 (EIS) <sup>59</sup>の用意に進む必要があるかどうか判断される。EIS は、FCC 職員が環境に重大な影響がある可能性があるとして判断した場合のみ用意される。EIS が用意されると、FCC 委員の投票によって、申請を認可すべきかどうかの最終決定がなされる。なお、実際には EIS の段階に進む前に多くの環境問題は申請者により解決される。
- ・ 多くの FCC の申請書においては、申請された無線局の運用が、国家環境政策法による環境評価手続きに定める重大な環境影響を引き起こすものであるのかどうかを示すことが求められており、申請者は、申請の際に、重大な環境影響を引き起こすものではないとの説明文書の提出が求められる。この説明文書は、環境声明書や技術声明書の様式をとり、申請書に添付される。なお、EA は、重大な環境影響があるとの証拠がある場合のみに提出されるため、このような文書は、EA ではない。
- ・ 大多数の場合、申請者は、環境声明書や EA の提出前に重大な環境影響が発生するような要因を低減しようとする。この中には、申請の前後において、環境問題の回避や解消のための可能な手段に関する FCC 職員の非公式な助言が含まれる。

---

<sup>58</sup> Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency electromagnetic fields (OET Bulletin 65)

<sup>59</sup> Environmental Impact Statement

- ・ FCC 規則に定められた最大許容ばく露レベル (MPE) は、職業ばく露の可能性のある労働者向けと一般公衆向けに分けて規定されている。

- ① 「職業／管理下」におけるばく露制限値は、労働者がばく露の可能性について十分に認知しており、かつ、その区域から離れることや、他の手段を講ずることにより自らのばく露を管理できる状況におけるばく露について適用される。また、「職業／管理下」における制限値は、「公衆／非管理下」のばく露制限値を超える区域を一時的に通過する場合にも適用される。
- ② 「公衆／非管理下」のばく露制限値は、一般公衆や労働者がばく露の可能性について十分に認知していない、又は自らのばく露を管理できない状況下において適用される。

警告表示やラベルは、ばく露の可能性やばく露リスクを最小限とする方法を表示する場合には、職場における高周波電波ばく露の潜在性についての認識を醸成に利用できる可能性がある。

- ・ FCC ばく露ガイドラインは、ばく露制限値であって高周波電波制限値ではないことに留意すべきであり、その制限値は、労働者や一般公衆が近づくことができる区域に関してのみ意味を持つ。そうした区域へのアクセスは、防護壁や警告標識などの適切な手段により、制限又は管理することが可能である。職業／管理下でのばく露の場合、高周波電波源の周辺の職場において制限値を超えるばく露を防止する手段を講じることは可能である。例えば、高周波電波源の近傍にいる時間の制限やそうした放射源の近傍で労働する場合、一時的な電波放射の中止や出力レベルを適切な値まで低減させる方法がある。
- ・ 運用や装置の免許人や申請者は、初期の環境評価の実施が求められ、もし、その評価が送信機、運用、設置が FCC の RF ばく露制限値を超えるか超える可能性がある場合には、EA の提出が求められる。
- ・ FCC は、無条件に除外と分類された無線装置の申請者や免許人は、FCC に対して FCC ガイドラインへの適合を示すことが求められない。しかしながら、FCC は、そうした申請者や免許人に対して、環境評価の実施や環境影響に関する文書の提出を求めることができる。
- ・ FCC の許認可対象の全ての無線装置及び無線機器は、無線周波ばく露ガイドラインへの適合が求められ、もし、適合しない場合には国家環境政策法の手続きに基づく環境評価 (EA) の提出が求められる。免除装置は、ガイドラインへの適

合が除外されているのではなく、ガイドラインへの適合を示す環境評価の実施が免除されているだけである。

- ・ 除外装置は、サービスの種類、アンテナ地上高、運用出力によって分類される。
- ・ 無線周波ばく露制限値を超える地点が存在しても、アクセス制限や安全ガイドラインに適合するよう他のばく露管理がなされている場合には、当該地点は適合しているとみなされ、それ以上の環境プロセスは必要とされない。
- ・ 複数の送信機が同一場所に設置される際に、高周波電波ばく露制限値から 5%以上を超える場合には、高周波電波ばく露制限値への適合が求められ、その責任は関係する全ての申請者にある。
- ・ 高周波電波ばく露の管理について、以下のように定められている。

① 「公衆／非管理下」のばく露制限値の適合方法

- ・ 制限値を超える区域へのアクセスが制限されている場合は、その施設又は運用は FCC 要件に合致しているものとみなされる。
- ・ 通常、アクセス制限には、高周波電波レベルが高いエリアへのアクセス管理が最も簡単な方法である。他の方法として、フェンスの設置や屋上などの許可された者以外が立ち入れないようにする表示が含まれる。標準化された高周波電波に対する警告標識が複数の事業者によって販売されている。なお、山頂など、公衆がアクセスすることはできるが、通常は立ち入ることがない遠隔地において公衆ばく露制限値を超える場合があるが、こうした場合には、警告標識、フェンスの設置等の措置は必要とされない。なお、高周波電波時間の制限は、職場ばく露制限には適用可能であるが、公衆ばく露に対する適用は困難である。

② 「職業／管理下におけるばく露制限値の適合方法

屋上への立ち入りの禁止などの適切な規制方法により、自らのばく露について認識し、管理できる労働者以外のアクセスが禁止された区域は、職業／管理下におけるばく露制限値に適合する。また、ばく露制限値は、時間平均値で定められていることから、ばく露時間の管理によることも可能である。その他、高い高周波電波区域での作業が必要な場合には、出力の低減や停止、主送信機に対する作業中における副送信機の利用、ばく露低減のための複数の適切なシールド技術の併用などがある。

### 2.4.3 無線基地局からの電磁界測定

FCC は、FCC が管轄する全ての無線局からの高周波電波の日常的な監視は人員等の関係から行っていない。しかしながら、FCC は、高周波電波レベルを評価するための測定機器は保有しており、もし、FCC ばく露ガイドラインへの適合が疑わしい証拠がある場合には、FCC の工学・技術室又は執行局の職員が調査を行い、必要に応じて実際に測定を行う。

## 2.5 オーストラリア連邦（多国間の調整会合）

### 2.5.1.1 電磁界の健康影響に関する多国間の調整会合

電磁界の健康影響に関する国際調整会合(GLORE 会合)<sup>60</sup>は、電磁界の健康影響に関して、各国の規制当局や研究者などが参加し、各国の施策や研究活動等について情報交換及び意見交換を行う国際的な会合であり、各国間における施策の推進の調和を図ることを目的としている。平成 9 年に日韓両国により始められ、その後、平成 11 年に EU が、平成 13 年に米国が、平成 19 年に豪州、中国が、さらに平成 21 年にはニュージーランド、台湾、ペルーが参加国に加わっている。

### 2.5.1.2 開催概要

平成 21 年度の開催概要は、以下のとおりである。

- (1) 日 時：平成 21 年 11 月 19 日（木）、20 日（金）
- (2) 場 所：スウィンバーン工科大学（豪州）
- (3) 参加者：日本、韓国、EU（フランス）、米国、豪州、中国、ニュージーランド、台湾、ペルーから 44 名が参加

---

<sup>60</sup> Global Coordination of Research on Electromagnetic fields



## 2.5.2 各国の研究動向

参加各国の研究動向について、米国、欧州、中国、日本、韓国、オーストラリア、ニュージーランド、台湾、ペルーの順に発表された。その概要は次のとおり。

### 2.5.2.1 米国の研究動向

#### 2.5.2.1.1 米国の携帯電話の利用状況

米国においては、年々、無線電話サービスの利用者は増加しており、2005–2008年において無線電話サービスのみを利用する大人と子供の比率は、それぞれ大人が6.7%から18.4%に、子供が5.8%から18.7%に増加している。

#### 2.5.2.1.2 高周波電波の健康問題に重点を置いた最近の活動

##### (1) 環境ワーキンググループ報告書

2009年9月に発表された携帯電話利用に関する社会的報告書であり、主な内容は以下のとおり。

- ・米国政府は消費者が情報を得た上で決定を下すことができるように電話機へのラベル貼付を義務付けるべきである。
- ・携帯電話業界は SAR（比吸収率）が最小限の電話機を販売し、電磁波放出について販売時に知らせるべきである。
- ・携帯電話利用者は低放射の電話機を購入することにより自衛できる。
- ・携帯電話利用者はスピーカーモードで使用するか、ヘッドセットを用いることによりばく露を低減することができる。

##### (2) 携帯電話と健康に関する専門家会議：科学及び公共政策課題

2009年9月13–15日に開催された携帯電話と健康に関する専門家会議であり、環境健康トラスト（Environmental Health Trust）、ピッツバーグ大学、フィンランドの STUK（放射線安全センター）が主な主催者として開催された。会議の目的は、研究アジェンダの策定であり、「科学的不確実性」とさらなる研究の必要性が強調された。

##### (3) 議会公聴会

携帯電話の利用と健康への影響に関して米国上院議会の公聴会が開催された。2009年9月15日に上院公聴会が「携帯電話と健康に関する専門家会議：科学及び公共政策課題」について行われ、パネリストとして以下の専門家が参加した。

- ・ John Bucher（NTP 副所長、米国） NTP：米国国家毒性計画

- ・ Dariusz Leszczynski (STUK、フィンランド)
- ・ Siegal Sadetzki (Gertner Inst、イスラエル)
- ・ Linda Erdreich (エクスポーネント (Exponent)、米国)
- ・ Devra Davis (環境健康トラスト)
- ・ Olga Naidenko (環境ワーキンググループ、米国)

また、2008年9月25日にも上院公聴会が「脳腫瘍と携帯電話利用：科学的観点」について行われ、以下の意見が出された。

- ・ 最近では【携帯電話と脳腫瘍に関する】議論が国民の関心を集めている。
- ・ 問題は、国民の健康を守るために規制体や立法者が措置を設けるほどの十分な証拠があるかどうかである。他国の政府保健当局はどのような措置をとっているか、ここ米国において議会ないし政府は、あるとすればどのようなことを行うべきか。

### 2.5.2.1.3 文献発行

#### (1) IEEE データベース

米国における EMF 関連の文献の傾向については、IEEE に EMF 関連の文献データベースがある。<http://ieeemf.com/>

#### (2) RF ばく露影響の研究

- ・ 生物学関係の出版物

世界的には、この 20 年間で増加傾向にあるが、米国では横ばいである。ただし、レビューについては、増加している。

- ・ 疫学研究

世界的には増加しているが、米国においては、10 件／年以下で横ばいである。

- ・ 人体／誘発研究

世界的には増加しているが、米国においては、数件／年で横ばいである。

- ・ In Vivo (生体内) 研究

世界的には増加しているが、米国においては、減少傾向である。

- ・ In Vitro (生体外) 研究

世界的には増加しているが、米国においては、減少傾向である。

- ・ RF 研究の全出版物の地域別の傾向

欧州とスカンジナビア地域が 2000 年頃から急増しており、中国と中東地域は 2005 年頃から急増している。北米地域は、微増傾向にある。

- ・ 米国の主な生物学的研究の出版物 (米国、2009 年)

ア 疫学研究 (5 件)

Kaufman et al., ボストン大学, Ann Hematol(2009) 88:1079-1088

「タイにおける白血病の危険因子」:白血病患者を例えば携帯電話使用などについての評価

イ 人体研究 (2 件)

ウ 動物研究 (1 件)

McQuade et al., Brooks AFB, Radiat Res (2009) 171:615 -621

先の Salford, Persson et al の BBB (血液-脳関門) 影響を追認できず。

エ 生体外研究

- Aravindan, Natarajan et al., テキサス大学 (J Cell Biochem (2009) 106:999-1009)

「NFκB の一酸化窒素媒介抑制は高温誘発アポトーシスを調節」

- Suen et al., カリフォルニア大学サンタバーバラ校 (Stud Health Technol Inform (2009) 142:364 - 368)

「皮膚の水和作用の中間テラヘルツ検知に向けて」

- Edwards et al., ノースカロライナ州立大学 (Org Biomol Chem (2009) 21:2506 -2508)

「DNA 交雑に対するマイクロ波照射の影響」

2450MHz (CW) RF にばく露した溶液内隔離 dsDNA-通常の溶解温度以下の電力レベルでの変性は化学ないし酵素過程に熱的効果のないことの示唆

- 悪性及び良性腫瘍すべての調査結果 (Myung et. al., J Clinical Oncol (2009))

ア 使用全般

人数 : 23、オッズ比 : 0.98 (95% CI 0.89-1.07)

イ 「盲検」試験における使用全般

人数 : 8、オッズ比 : 1.17 (95% CI 1.02-1.36)

ウ 「非盲検」試験における使用全般

人数 : 15、オッズ比 : 0.85 (95% CI, 0.80-0.91)

エ 10 年以上の携帯電話使用歴

人数 : 13、オッズ比 : 1.18 (95% CI 1.04-1.34)

オ 結論

「低バイアス症例対照研究のメタ分析から、携帯電話利用と腫瘍リスク増大の関連を示している可能性がある。より高い水準の証拠が得られることが期待できるコホート研究が必要である。」

## 2.5.2.2 米国における携帯電話からの電波ばく露に関する毒性・発がん性研究

### 2.5.2.2.1 米国国家毒性プログラム (NTP) へのノミネート

携帯電話からの電波ばく露に関する毒性・発がん性試験は、米国食品医薬品局 (FDA) によりノミネートされたものである。

- ・ 広範囲に及ぶ人体ばく露がある。
- ・ 現在のばく露ガイドラインは、熱的作用による急性損傷の保護に基づいている。
- ・ 長期的なばく露による健康影響の可能性についてはほとんど知られていない。
- ・ こうした疑問に明確に答える人体研究に関する十分なデータは、長年にわたって得られていないと思われる。

#### (1) 目的

携帯電話の変調電波による慢性ばく露に係る潜在的な毒性及び発がん効果を確認し、動物における投薬・反応関係を明らかにすること。

#### (2) 研究プログラムにおける考慮事項及び基準

- ・ 胎児 (子宮内) からばく露開始
- ・ 非拘束の個別収容動物
- ・ 均一の電磁界ばく露
- ・ 最低 6 時間/日のばく露
- ・ 動物が体温調節可能な最大電力レベル (非熱的範囲) のばく露
- ・ 米国で使用されているものを反映した周波数及び変調方式  
900MHz 及び 1900MHz、CDMA 及び GSM 方式

#### (3) ばく露システムの選択

##### (a) 回し車ばく露システムを用いた他の進行中の動物研究

- ア 拘束動物
- イ 1 日当たり短期のばく露時間

##### (b) 反射室

- ア 実現可能性は試験されていない。
- イ 電磁界均一性のデータがない。
- ウ SAR 均一性のデータがない。
- エ 過度の尾部加熱の可能性の確認が必要である。

##### (c) 反射室ばく露システムの実現可能性試験

- ア 米国標準技術局 (NIST) との機関間協定によって実施

- イ 電磁界均一性と SAR の均一性を実証
- (d) コンピュータによるドシメトリックモデリングの補完研究
  - ア IT' IS (スイス) によって実施
  - イ 全身平均 SAR と器官特異 SAR のモデル化
  - ウ 最大の懸念は、熱に敏感な器官の過剰ばく露によって、最大可能全身ばく露が制限される可能性
  - エ その結果、潜在的に敏感な器官（脳）は、熱に敏感な器官の温度限度によって過少ばく露になっている懸念

#### 2.5.2.2.2 コンピュータによるドシメトリックモデリングの研究

##### (1) 結果

- (a) 表面分布では、900MHz でのマウス及び 1900MHz でのラットにおいて尾部の過剰ばく露が明確に示された。
  - ア 1900MHz でのマウス及び 900MHz でのラット体内の SAR 分布は、動物の中心部では浸透率が最大であることを示した。
  - イ ばく露は 900MHz でのマウスの尾部、1900MHz でのラットの頭部及び胴体から尾部にかけての部分に集中している。
- (b) 900 及び 1900MHz でのマウスの全身平均 SAR にかなりの差異がある。
  - ア 900MHz ではマウスにおける吸収の均一性が低い。
  - イ 900MHz でのマウス及び 1900MHz でのラットにおける脳 SAR に大きな偏差がある。

##### (2) 結論

- (a) 最適ばく露周波数は、ラットでは 900MHz、マウスでは 1900MHz となる。
  - ア 900MHz でのラット及び 1900MHz でのマウス体内の SAR 分布は、動物の中心部への最大かつ均一性の高い浸透率を示す。
  - イ 900MHz でのマウス及び 1900MHz でのラットにおいては尾部の過剰ばく露となる。
  - ウ これらの周波数を使用すれば、脳などの電波ばく露の潜在的なターゲットにおける電波ばく露の抑制が図れるだろう。
  - エ 900MHz でのマウスにおいては吸収の均一性が低い。
- (b) 実現可能性の研究と並行して、反射室ばく露システムの実際的设计、製造に必要なパラメータを評価するためのデータが抽出された。

### 2.5.2.2.3 反射室

- ・均質の電磁環境を作り出すための励起アンテナ及びパドル付き大型遮蔽室
- ・電磁界ばく露は全方向から、すべての極性形成
- ・時間経過及び空間により電磁界の変動が発生；平均的電磁界は大規模な測定量において均一
- ・電磁界分布は十分に特性化及び監視が可能

### 2.5.2.2.4 研究計画

#### (1) 概要

- ・反射室における RF ばく露  
非拘束の個別収容動物
- ・周波数及び変調方式  
ア 900 MHz、GSM 及び CDMA 変調信号：Sprague-Dawley ラット  
イ 1900 MHz、GSM 及び CDMA 変調信号：B6C3F1 マウス
- ・3段階の研究  
熱予備試験、亜慢性試験、慢性試験
- ・電力レベル  
ア 熱予備試験：SAR 4–12W/kg  
イ 結果に基づいて亜慢性及び慢性試験

#### (2) 亜慢性試験

- ・Sprague-Dawley ラットにおける周産期試験（900MHz）  
ア 10 匹の妊娠ラットを電力レベル、変調方式ごとに妊娠（GD）6 日目から開始  
イ 10 分ごとに on/off の 20 時間ばく露／日、5 日／週  
ウ 離乳時点（PND-21）で、同腹子数を雄 2 匹と雌 2 匹に削減（n=20）して、さらに 28 日間ばく露継続（PND-49）  
エ 動物は PND-35 に個別収容
- ・B6C3F1 マウスにおける 28 日試験（1900MHz）  
ア 電力レベル、変調方式ごとに 10 匹の雄及び雌のマウス  
イ 試験開始時 5 週齢以下  
ウ 個別収容

#### (3) 慢性毒性・発がん性試験

- ・雌雄の Sprague-Dawley ラット及び B6C3F1 マウス  
ラットにおいて周産期ばく露 (GD-6)、離乳時点で同腹子数を雄 2 匹と雌 2 匹に削減
- ・マウスのばく露は 5 週齢で開始
- ・10 分ごとに on/off の 20 時間ばく露 / 日、5 日 / 週
- ・19 週で中間時点 (n = 15)、110 週齢で試験終了 (n = 90)

#### (4) 評価項目

- ・体重及び臨床兆候
- ・深部体温
- ・臓器重量 (脳、肝臓、胸腺、腎臓、精巣、副腎、心臓、肺)
- ・完全剖検及び組織病理学
- ・血液脳関門の 10 及び 70 kD 蛍光デキストラン浸透性
- ・血液学
- ・小核：マウス抹消血液細胞、ラット骨髄細胞
- ・精子形態 / 膣細胞学評価
- ・ラット及びマウスの脳細胞における DNA 鎖切断

#### (5) スケジュール

- ・2010 年：亜慢性研究終了
- ・2011 年：慢性研究開始
- ・2012 年：慢性研究終了
- ・2013 年：データ評価、ピア・レビュー
- ・2014 年：最終報告

### 2.5.2.3 欧州の研究動向

#### 2.5.2.3.1 研究活動の概要

欧州の研究活動の特徴は以下のとおり。

- ・ 広範囲に及ぶアプローチ（疫学、人体、動物及び細胞研究）と周波数スペクトラム（0Hz から THz まで）
- ・ 研究プログラム（フレームワークプログラム、MTHR、NL など）
- ・ 協調的活動：EFHRAN、COST BM0704
- ・ 活動は国によって大きく異なる。
- ・ 研究は、資金不足、社会的・政治的圧力の中で行われている。

#### 2.5.2.3.2 EMF ばく露に関する欧州健康リスク評価ネットワーク (EFHRAN : european health risk assessment network on EMF exposure)

EFHRAN プロジェクトは、欧州委員会保健・消費者局 (Executive Agency for Health and Consumers : EAHC) が資金供与しているヘルス 2008 プログラム (保健分野における共同体活動の第二次プログラム (2008 - 2013 年)) において実施されているプロジェクトであり、電磁界ばく露に関する欧州健康リスク評価ネットワークの構築を目的としている。プロジェクト期間は、2009年2月1日から2012年1月31日までである。

イタリア、スペイン、スロベニア、デンマーク、イギリス、ハンガリー、フランスの専門家が連携して取り組んでいる。

EMF に関する欧州健康リスク評価ネットワークの構築を目標として掲げ、具体的には以下の事項を個別目標としている。

- (1) EMF ばく露に関連する健康リスクを監視し、証拠を探す。
- (2) EMF ばく露によってもたらされる潜在的な健康リスクを特性化し、必要に応じて定量化する。
- (3) 科学的に適切な助言と分析を用いて、EMF に関連する健康上の問題や懸念事項に対して EC が迅速に対処できるようにする。
- (4) EMF と健康に関連する問題についての知識の集積とその普及を高める。

#### 2.5.2.3.3 欧州科学技術研究協力機構アクション COST BM0704

COST BM0704 が、2008年1月8日に5か国の MoU 調印により開始。正式な開始は、2008年5月20日で継続期間は2012年5月19日までの4年間。26か国が参加。



議長は、イギリス健康保健庁(HPA)の Dr. Alastair McKinlay、副議長は、スイス BfG の Dr. Mirjana Moser。

COST BM0704 には、以下の WG がある。

- ・ WG1 : 計測及び監視その他
- ・ WG2 : ドシメトリ計算
- ・ WG3 : ヒト研究
- ・ WG4 : 生物学的研究
- ・ WG5 : リスク管理

#### 2.5.2.3.4 欧州における EMF 研究

##### (1) 活発な国

イギリス、ドイツ、オランダ、デンマーク、スイス、フランス

##### (2) やや活発な国

スウェーデン、フィンランド、イタリア

##### (3) その他

スペイン、ポーランド、ハンガリー、チェコ、オーストリア、ベルギー、ギリシャ

#### 2.5.2.3.5 報告書等

##### (1) 欧州委員会の報告書

- ・ 新興・新規に同定された健康リスクに関する科学委員会 (SCENIHR) 報告書と研究勧告
- ・ EMF-NET 報告書 (2008)
- ・ その他

##### (2) 各国の報告書

- ・ スウェーデン：放射線防護庁 (SSI) 年次報告書
- ・ オランダ：年次報告書
- ・ フランス：労働衛生環境安全局 (AFSSET)、議会科学技術評価局 (OPECST)。
- ・ その他

##### (3) 北欧諸国の声明書

「無線周波電磁界への一般公衆のばく露」：北欧放射線安全性当局による共同声明など

#### 2.5.2.3.6 結論

- ・ 今なお欧州が大きく貢献

- ・ 高周波電波研究における重点は、ドシメトリと子供
- ・ 欧州各国間の協力と整合が不十分
- ・ 資金は減少傾向
- ・ 時間は残り少ない：主要な健康リスク評価が間もなく発表予定
- ・ さらなる世界的連携が必要

## 2.5.2.4 中国の研究動向

### 2.5.2.4.1 概要

#### (1) EMF 研究を重点的に実施している研究機関

- ・ 国家通信計量站
- ・ 中国疾病対策予防センター
- ・ 浙江大学
- ・ 中国科学院電工研究所
- ・ 中国電子科学技術大学
- ・ 第三軍医大学
- ・ 第四軍医大学
- ・ 事業者及び企業研究機関

#### (2) 研究の範囲

- ・ EMF の生物学的影響及びメカニズムの研究（一部は軍事目的の内部報告書であるため内容は開示されていない。）
- ・ 応用及び可能性
- ・ 公衆衛生及び基準改訂
- ・ その他の基礎研究

### 2.5.2.4.2 各研究機関における研究

#### (1) 国家通信計量站における研究

- ・ 様々なレベルでの EMF の熱的効果の研究（2009 年末にとりまとめ予定）
- ・ 中国人の Voxel（三次元要素）モデルの研究（基礎的研究は完了）
- ・ 中国人の小児 Voxel モデルの研究
- ・ がんの温熱療法の研究
- ・ ドシメトリ及びばく露評価
- ・ 標準化活動

#### (2) 浙江大学における EMF の生物学的影響研究

- ・ 分子レベル：ゲノム・プロテオーム高性能走査技術を使用して電磁応答遺伝子及び蛋白質を選別
- ・ 細胞レベル：細胞の情報伝達に対する電波ばく露の影響の研究
- ・ 全身レベル：動物の腫瘍発現モデルを使用した動物への電磁界の影響の調査による電波ばく露に対する保護手段の研究

(Wang Baohong, He Jiliang et al. 「試験管内コメット解析を用いた UV-C と 1.8 GHz マイクロ波によって誘発されるヒトのリンパ球 DNA 損傷に対する結合的効果の評価」 *Toxicology* 2007.232(3):311-316)

(Ran Zhao, Gengdong Yao, et al. 「cDNA マイクロアッセイを用いた 1800MHz 無線周波電磁界ばく露ラットニューロンの遺伝子発現プロファイルの研究」 *Toxicology* 2007.235(3):167-175)

(3) 第三軍医大学における EMF の生物学的影響研究

- ・1800 MHz 高周波電波は、初代培養神経細胞の mtDNA の酸化的損傷を引き起こすかもしれない、mtDNA の酸化的損傷は、脳における高周波電波放射による神経毒性の原因となるかもしれない。

(Zhou Z, Yu Z, et al. 「1800 MHz 高周波は初代培養ニューロンにおいてミトコンドリア DNA の酸化的損傷を誘発する」 Xu S, Zhong M, Zhang L, *Brain Res.* 2009 年 10 月 30 日)

- ・マイクロ波にばく露されたラットの海馬において、NMDA 受容体で構成されるサブユニットの組成が変化及び NMDA 受容体の自己調節能が低下する可能性があり、こうした変化はマイクロ波照射によって誘発される LTP 障害と相関性があるであろう。

(Zhang Y, Yan Jiu, et al. 「ラット海馬における NMDA 受容体サブユニット mRNA 発現に対するマイクロ波照射の効果」 2008 年 1 月;37(1):25-8)

- ・グルココルチコイドは慢性的低出力密度のマイクロ波ばく露によって誘発される認知障害の一因となっているかもしれない。

(Li M, Yu Z, et al. 「ラットにおける血漿コルチコステロンレベルの上昇及び海馬グルココルチコイド受容体の転位: 慢性的低出力密度マイクロ波ばく露に続く認知障害の潜在的機序」 *J Radiat Res* (東京), 2008 年 3 月;49(2):163-70)

(4) 第四軍医大学における EMF の生物学的影響研究

- ・低レベル放射線障害と遊離基説との関係: 携帯電話による電磁界強度の低いマイクロ波放射によって引き起こされる細胞損傷の結果による形態、代謝、アポトーシスの催眠状態
- ・電磁パルス誘発 NOS は血状網膜関門破損において重要な役割を果たしているであろう。

(「一酸化窒素シンターゼ活性の増加は生体内での電磁パルス誘発血状網膜関門破損にとって必須」 Lu L, Xu H, Wang X, Guo G. *Brain Res.* 2009 年 4 月 6

日;1264:104-10)

- (5) 中国電子科学技術大学における EMF の生物学的影響研究
  - ・細胞、蛋白質及び DNA による電磁界の吸収特性
  - ・電磁信号研究による遺伝子調節、遺伝子診断、遺伝子治療方法の模索
- (6) 中国科学院電工研究所における EMF の生物学的影響研究
  - ・生体電磁気分析における定量的基礎を提供するための RF ばく露後の形態及び人体レベルにおける分子、細胞、組織の効果
    - (Wei, Yang, Tao, Song, et al. 「各種派生骨芽細胞様細胞に対する超低周波パルス電磁界の効果」 *Electromagnetic Biology and Medicine*, 2008, 27(3))
    - (Linxia Li, Xiaolin Huo, et al. 「ラットの EEG に対する低周波 rTMS の影響」 *Neuroscience Letters*, 2007, 412(2), 143-147)
  - ・応用及び可能性
    - ア 生体電磁波がん治療の実施
    - イ 電磁波による新薬製造、優良種子開発の実施
    - ウ 基礎研究の結果に基づく新世代生体医用電子機器及び効果的な生体電子装置の開発
    - エ 軍事分野における高出力マイクロ波、赤外線技術の研究
    - オ EMR 保護材料
  - ・公衆衛生及び基準改訂
    - ア 環境／職場の電磁界評価方法及び試験ツール
    - イ 電磁界放射の健康被害及び電磁界放射リスク評価、衛生基準の改訂、改良
  - ・中国科学院電工研究所におけるその他の基礎研究
    - ア 生体電磁気・誘電特性及び電磁信号検出とその応用
    - イ 動物組織の電磁パラメータ判定と技術の研究

#### 2.5.2.4.3 重要な定例イベント等

- ・中国国際 EMF セミナー：電磁界と生物学的影響：2-3 年
- ・中国生体工学年次学会（Chinese Biomedical Engineering Academic Annual Meeting）：生体電磁気学セッション

#### 2.5.2.4.4 その他

現在、中国での研究費は 3000 万ユーロ程度。資金を提供する機関は多く、今後研究費は倍増するかもしれない。政府は様々な研究プログラムを実施しているが、課題はそ

これらのコーディネーションである。

## 2.5.2.5 日本の研究動向

### 2.5.2.5.1 生体電磁環境に関する研究状況

下記の研究状況について発表がなされた。

- ・携帯電話端末からの電波によるヒトの眼球運動への影響
- ・携帯電話端末からの電波による症状に関する研究
- ・携帯電話からの電波の睡眠に対する影響
- ・2GHz 電波全身ばく露による多世代にわたる脳の発達および機能への影響
- ・頭部局所ばく露の及ぼす生体影響評価とその閾値の検索
- ・ミリ波、準ミリ波帯電波の眼部ばく露による影響の指針値妥当性の再評価
- ・ラット脳グリア細胞に与える電波ばく露の影響について
- ・電波の細胞生物学的影響評価と機構解析
- ・免疫細胞及び神経膠細胞を対象としたマイクロ波照射影響に関する実験評価
- ・実験に基づく電磁界強度指針の妥当性評価及び確認
- ・複数の電波ばく露による電波複合ばく露の生体への影響

## 2.5.2.6 韓国の研究動向

### 2.5.2.6.1 全身ばく露に関するコンピュータ・ドシメトリ

MR 画像に基づき 7 歳男子モデルを開発した (Lee, A. K. et al, ETRI J. 31(2), 237.239 (2009))。

7 歳モデルをベースに 9~12 月、3 歳、5 歳、20 歳の 5 つの Voxel モデルを開発した。5 つのモデルについて全身ばく露の SAR に関するシミュレーション評価を行った結果、1.5GHz 以上の周波数では、20 歳モデル以外は ICNIRP の基準値を満たさないとの結果を得た。

### 2.5.2.6.2 ELF、EMF に関する研究

電力設備による ELF、EMF に関して、以下の発表がなされた。

- ・ 研究機関
- ・ 社会的関心
- ・ 政府の研究プロジェクト
- ・ 研究動向
- ・ EMF 解析センターの設置 など



## 2.5.2.7 オーストラリアの研究動向

### 2.5.2.7.1 研究予算

様々な研究予算がある。

- ・ 業界徴収金が政府に入り、国立保健医療研究委員会（MHMRC）からの特別研究拠点（Centre of Reserch Excellence）資金（年間 50 万ドル）及びプロジェクト助成金（年間 20 万ドル）
- ・ その他国内の競争的助成資金（金額不明）
- ・ 特別研究拠点からの現物出資（年間 30 万ドル）
- ・ 業界からの資金提供（年間 20 万ドル）

### 2.5.2.7.2 オーストラリアにおける研究

新規の国立保健医療研究委員会特別拠点資金の内容が判明するまでは詳細不明であるが、判明しているものは以下のとおり。

- ・ 小児に関する 3 年間の携帯電話に関するコホート研究
  - ・ Mobi-kids のオーストラリアでの研究
  - ・ 電磁過敏症に対する認知行動療法
  - ・ 成人における携帯電話及び情動神経生理学（ERP）
  - ・ 高周波電波と試験管内ニューロン成長パターン
  - ・ 高周波電波の共振認識モデル／分子間相互作用
  - ・ 学校内の高周波電波レベルのマッピング
  - ・ 規格
  - ・ 開発
- ア 妊娠マウスモデル（0.75mm 解像度）
- イ SAR マッピング感温染料としてのローダミン-B
- ウ 高周波電波 EMF 治療法の研究

## 2.5.2.8 ニュージーランドの研究動向

### 2.5.2.8.1 INTERPHONE 研究

Alistair Woodward、Angus Cook、Cara Marshall 教授によって調整され進められている。今後、他の職業ばく露にも拡大して調査する予定。

腫瘍の種類	症例数
神経膠腫	84
髄膜腫	54
神経鞘腫	20

Mobikids への参加も検討中である。

### 2.5.2.8.2 ニュージーランドの脳腫瘍データ

ニュージーランドにおける脳腫瘍の発生件数は、10 万人に 5~6 人/年の割合である。

### 2.5.2.8.3 その他の RF 波源

クライストチャーチにおける電波ばく露の電力密度の測定結果は、大部分が AM ラジオによるものであった。また、公衆ばく露の参考値に対する比率では、AM ラジオ、TV、FM ラジオ、携帯電話の順であった。

### 2.5.2.8.4 都市／郊外携帯電話基地局のばく露データ

ある事業者のニュージーランド全国 42 の携帯電話基地局のばく露データによると、ほとんどが  $1 \mu \text{W}/\text{cm}^2$  以下であり、最大でも  $3\sim 4 \mu \text{W}/\text{cm}^2$  であった。

別の事業者のクライストチャーチの 9 の携帯電話基地局のばく露データは、ほとんどが  $1\sim 2 \mu \text{W}/\text{cm}^2$  以下であり、最大でも  $2\sim 3 \mu \text{W}/\text{cm}^2$  であった。

## 2.5.2.9 台湾の研究動向

### 2.5.2.9.1 台湾における研究機関

以下の政府組織が研究を始めているが、中心は健康保健省である。

- ・健康保健省 (Ministry of Health)
- ・国家通信委員会 (National Communication Commission)
- ・環境保護局
- ・国家科学委員会

### 2.5.2.9.2 主な情報源

WHO からの情報が有用であり、大変役立っている。

### 2.5.2.9.3 研究活動

健康保健省の研究予算は、以下のとおり。

- ・ 2009 年
  - ア EMF ばく露及び小児疾患
  - イ EMF ばく露の測定及びサンプリング研究予算は、それぞれ US\$35,000 以下
- ・ 2008 年
  - ア 通信方式：基地局設置前
  - イ 密集化（基地局）：健康問題の増加研究予算は、それぞれ US\$20,000 以下

## 2.5.2.10 ペルーの研究動向

### 2.5.2.10.1 概要

#### (1) 研究成果

電気通信研究研修機構／国立技術大学（INICTEL-UNI）が電磁界に関する研究を開始したのは1998年であり、研究成果は、毎年、以下の文書に掲載される。

- ・国内外の文書に基づいた、ペルーにおける超低周波（ELF）による健康影響に関するレビュー
- ・国内外の重要な文書に基づいた、ペルーにおける電波の健康影響に関するレビュー
- ・配電網（超低周波）に関して、2002年から2008年までに実施された評価に基づく、配電網による電磁界に関する分析
- ・2000－2008年に実施された、AM及びFMラジオ、TV及び移動体サービスの無線局を含む電気通信サービス及びシステムによる電磁界（中間周波数及び無線周波数）に関する分析

#### (2) 電気通信の状況

移動体通信サービスは、電気通信システムの中で最大の成長を遂げた。電気通信民間投資監視機構（OSIPTEL）によると、2008年3月のペルーにおける移動体通信普及率は約60.84%、利用者数約1,700万人で、固定電話網利用者数を大きく上回った。

一方、こうした移動体ネットワークの急激な拡大に伴い、一部の国民は重大な懸念を持つようになったことから、INICTEL-UNIでは、この問題についての研究を始めた。

### 2.5.2.10.2 電気通信サービスで放射されるEMFに関する分析

以下の3つの研究調査を行った。

- ・WHO等の国際電磁界プロジェクト、その他海外で実施された健康影響に関する研究についてのレビュー
- ・電気通信に係る電磁界規則についての研究
- ・全国的なEMFばく露調査によるICNIRPガイドラインへの遵守状況調査

### 2.5.2.10.2.1 健康影響についてのレビュー

#### (1) 健康影響についてのレビューのための資料

携帯電話通信及び電気通信ネットワークに関連する電磁界（EMF）による健康影響を評価するために、電気電子学会（IEEE）、国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）及び世界保健機関（WHO）のような国際機関の出版物のレビューを行った。

また、以下の各国機関の文書についてもレビューを行った。

- ・ オーストラリア保健省放射能保護核安全局（ARPANSA）
- ・ フランス環境労働衛生安全局（AFSSET）
- ・ 欧州委員会（EC）フランス保健総局（Direction General of Health of France）
- ・ オランダ保健評議会、携帯電話に関する独立専門家グループ（IEGMP）
- ・ 英国放射線防護局（NRPB）
- ・ カナダ王立協会

さらに、INTERPHONE Study（国際共同疫学研究）の結果についてもレビューを行った。

#### (2) 生物学的影響及び健康影響の同定

国内外のレビュー文書に基づいて、以下について認識した。

- ・ 高周波及び携帯電話に関して、実証された唯一の影響は熱的効果であること。
- ・ SAR 値が 4W/kg 以上の電磁界レベルのばく露は体温調節可能範囲外となり、有害な影響を生み出すであろうこと。
- ・ 脳腫瘍、白血病またはその他のがん、白内障、血液脳関門に対する影響、脳活動、認知機能及び雄の生殖能力など、その他の健康影響についても現在研究されているが、現時点においては、これらに影響があるとの確たる証拠はなく、健康影響に関する研究の継続的なフォローアップが必要であること。
- ・ INTERPHONE 研究に関しては、各国の様々な中間報告書があるが、実体的な結果を得るには最終報告書が必要である。そのため、ペルーの EMF プログラムに INTERPHONE 研究の結果に関するフォローアップを盛り込むことが非常に重要であること。

### 2.5.2.10.2.2 ペルーにおける電磁界規則

非電離放射線に関する環境基準（ECAs-RNI）[0-300GHz] D.S 010-2005-PCM が、ペルー国家環境審議会（CONAM）によって策定されており、公衆ばく露に関する

ICNIRP ガイドラインを採択している。

電気通信活動に関する最大許容限度（電気通信に関する LMP-RNI）[9kHz-300GHz] D.S. 038-2003-MTC が、ペルー運輸通信省によって制定されており、電気通信システムの周波数範囲における公衆及び職業ばく露に関する ICNIRP ガイドラインを採択している。

### 2.5.2.10.2.3 電磁界測定

#### (1) 地理的分布及び測定場所数

国家的評価のために、リマ市とその他の 6 都市（クスコ、ワンカヨ、イカ、イキトス、プカイパ、トルヒーヨ）における合計 174 の測定場所で、FM ラジオ、テレビ、トランキング、携帯電話通信及びパーソナル通信サービス (PCS) を含む 50MHz から 2GHz 帯の主要な電気通信サービスについて、電界強度の測定を実施した。携帯電話については、2005 年にリマ市の 40 基地局の評価を行った。

#### (2) 測定結果

##### ・ブロードバンド測定

ア TV VHF (54-216MHz)、FM (88-108MHz)、TV UHF (470-805MHz)、トランキング (851-869MHz)、携帯電話 (869-891MHz/880-890MHz)、PCS (1930-1945MHz) について、174 の測定場所で測定を実施した。

イ Morro Solar ヒルの 9 箇所において、ICNIRP の公衆ばく露制限値を上回った。Morro Solar ヒルは、無線局の鉄塔が林立する地域である。

ウ 基地局の個々の測定では、最大のばく露レベルは ICNIRP の公衆ばく露制限値の 1.5%であった。

##### ・ナローバンド測定

ア TV VHF (54-216MHz)、FM (88-108MHz)、TV UHF (470-805MHz)、トランキング (851-869MHz)、携帯電話 (869-891MHz)、PCS (1930-1945MHz) について測定を実施した。

イ FM ラジオからのばく露が突出して強く、公衆ばく露制限値の 1.24%であった。

### 2.5.2.10.2.4 結論

ICNIRP のばく露制限値は、ペルーの非電離放射線基準として環境の所管庁により支持されており、電気通信の所管庁は、電気通信サービスからの非電離放射線に関する最大許容限度として支持してきた。

- ペルーでは、電気通信ネットワーク、特に移動体通信ネットワークからの非電離放射線が危険ではないかとの懸念があり、こうした社会的な不安に対処するため、優れたコミュニケーション方法の実現が期待される。
- 無線局の設置場所の周辺に人々が立ち入らないようにするためには、電気通信に関する国家当局と地方政府との継続的な連携が必要である。
- 電気通信設備からの EMF に関する評価では、無線基地局のほとんどが ICNIRP の公衆ばく露制限値に適合していることが確認された。

## 2.5.3 小児と携帯電話

### 2.5.3.1 小児と携帯電話

#### 2.5.3.1.1 スチュアート報告

##### (1) 目的

2000年に携帯電話に関する独立専門家グループ(IEGMP)が、スチュアート報告と呼ばれる報告書を発表した。IEGMPは、イギリスの保健大臣によって設置された。保健大臣からの委任事項は以下のとおり。

- ・携帯電話の利用、基地局及び送信機による健康影響の可能性についての現在の懸念事項を検討し、既存の研究について厳密な評価を行い、現在の知識に基づいて助言すること。
- ・適切な助言のための基盤を強化するために実施すべきさらなる作業について勧告を出すこと。

##### (2) 健康に関する IEGMP の結論

- ・携帯電話からの RF 電磁界ばく露による健康影響は証明されていない。
- ・さらなる研究を必要とする知識のギャップが存在する。
- ・現在の知識では、ガイドライン以下のレベルの RF ばく露は健康にとって危険性はないとされている。

##### (3) 概要及び勧告

- ・現在認識されていない携帯電話利用による健康への悪影響があるとするれば、小児の場合には、神経系の発達途上であること、頭部組織におけるエネルギー吸収率が高いこと、ばく露期間が長くなることから、脆弱性が高くなるであろう。我々の予防的取組方法に則して、現時点では、子供の不必要な通話のための広範囲に及ぶ携帯電話の使用は止めさせるべきであると考えます。また、携帯電話業界は子供の携帯電話利用の普及促進を控えるべきである(1.53項)。
- ・電波の身体への浸透は周波数の増加とともに減少する。電波が、生物組織に及ぼすであろう影響を理解するためには、ばく露を受ける身体の様々な部分における電磁界の強さを判定する必要がある。特定の電界値によって生じる SAR は小児の場合、成人よりも幾分大きくなる。通常、小児の組織に含まれるイオンの数は多いため、導電率が高くなるからである(4.37項)。

#### 2.5.3.1.2 改訂版 WHO ファクトシート (2000年6月)

「携帯電話と基地局」：研究が完了するまで、WHO は以下のことを勧告する。



(1) 政府

- ・当局は科学に基づいたガイドラインを採用する (ICNIRP)。
- ・RF 電磁界ばく露を低減するために追加予防措置が必要な場合
  - ア ばく露限度に恣意的な安全係数を追加することによってガイドラインの科学的根拠を損なってはならない。
  - イ 機器メーカーや一般市民による自主的な RF 電磁界低減を奨励する政策を別に設ける。

(2) 個人

- ・携帯電話利用における特別な予防策は必要なし。心配であれば通話時間を制限するか、「ハンズフリー」装置を使用して携帯電話を頭部や身体から遠ざけることにより、自身または子供の RF ばく露を制限する。

### 2.5.3.1.3 オランダ健康審議会報告 (2002 年)

発達の観点からは、生後 2 年を過ぎてもなお、脳の電磁界感受性に大きな変化が起こるという可能性は低い。したがって委員会は、子供の携帯電話使用はできるかぎり制限すべきと勧告する理由はないと結論付ける。

### 2.5.3.1.4 英国 NRPB レポート「携帯電話と健康 2004」(Vol.15 (5))

主要項目の要旨は以下のとおり。

- ・IEGMP は、小児は携帯電話の使用によって生じる影響に対して脆弱性が高いであろうと考えた。しかしながら、小児に対して考えられる影響を調べるための研究を行うことの可能性は倫理上の理由から限定される。Stewart レポートにおいては、子供の携帯電話利用は最低限に抑えるべきであると提言され、保健省はこれを支持した。メールの場合、音声通信と比較して電話機が使用されるのはメッセージを送信する間のごく短時間であるため、かなり有利となる (59 項)。
- ・防護局は次のように結論付ける。すなわち、新たな科学的証拠がないかぎり、子供の携帯電話の利用制限に関する Stewart レポートの勧告は予防的措置として適切であり続ける (60 項)。
- ・防護局はまた、小児の潜在的感受性に関係する研究に焦点を絞った、世界保健機関による EMF プログラムにおけるイニシアティブも支持する (61 項)。

### 2.5.3.1.5 電磁界と小児に関する WHO ワークショップ (2004 年 6 月)

ICNIRP は、電磁界の小児への健康影響の可能性の科学的知識の向上にどのように取り組むことが期待されるかについて、以下の発表があった。

#### (1) Stewart レポートの記述の例

「現在、認識されていない携帯電話利用による健康への悪影響があるとすれば、

→ 今のところ科学に基づく行動はとれない。

・「現在、認識されていない携帯電話利用による健康への悪影響があるとすれば、小児の場合、神経系の発達途上であり、脆弱性が高くなるであろう」

→ 具体的な健康への影響が同定されていない。

・「現在認識されていない携帯電話利用による健康への悪影響があるとすれば、小児の場合、神経系の発達途上であり、頭部組織におけるエネルギー吸収率が高くなることから、脆弱性が高くなるであろう」

→ これは事実なのかのドシメトリが必要。

・「現在認識されていない携帯電話利用による健康への悪影響があるとすれば、小児の場合、神経系の発達途上であり、頭部組織におけるエネルギー吸収率が高く、ばく露期間が長くなるため、脆弱性が高くなるであろう」

→ 退行性変化は存在するか。

#### (2) 結論

- ・ ICNIRP ガイドラインは、新たな科学的調査結果に基づいて絶えず検証されている。
- ・ 小児に対する電磁界の健康影響に関する研究は特に注意を払って観察される。
- ・ 科学的データに基づいて適切と思われる助言ないし勧告は、既存の防護システムの枠内で適時出される。

### 2.5.3.1.6 EFRT コメント (2005 年 1 月)

概して、EMF-NET 欧州迅速対応チーム (EMF-NET European Fast Response Team on EMF and Health) は、小児に関する NRPB の報告書の結論に賛同する。特に FRT は、以下について賛同する。

- ・ 一層の警告を正当化する追加情報はないが、既存の知識は子供の携帯電話利用の奨励を正当化するものでもない。
- ・ 子供に関する予防的取組方法を用いるべきである。しかしながら、親が利益になると判断した場合に子供の携帯利用を阻止するための科学的根拠はない。

- ・さらなる考慮事項として、子供に関する NRPB 勧告の根拠となるピア・レビュー論文が少ないことに注意すべきである。

#### 2.5.3.1.7 「電磁界ばく露の健康影響の可能性」(欧州委員会 新興・新規に同定された健康リスクに関する科学委員会 (SCENIHR、2007年3月))

##### 要旨

- ・特に考慮すべきことは子供の携帯電話使用。
- ・特定の証拠は存在しないが、子供や若者は成人よりも RF 電磁界ばく露に対して感受性が高いかもしれないという一般的な懸念がある。
- ・子供が成人したときには、現在の大人と比較して、おそらく累積ばく露量が多くなるであろう。
- ・現在のところ、子供に関する疫学的研究はない。

#### 2.5.3.1.8 カナダ トロント市公衆衛生局及び市議会 (2008年5月)

子供、特に青年期前の子供は可能なかぎり固定電話を使用し、携帯電話の利用は必要不可欠な目的に限定する。そして、携帯電話の通話時間を制限し、可能な限りヘッドセット又はハンズフリー機能を利用する。

#### 2.5.3.1.9 「子供と携帯電話」(米国食品医薬品局：FDA、2008年)

- ・携帯電話利用者の RF ばく露の危険性については子供やティーンエイジャーを含め、科学的な証拠は示されていない。RF ばく露を低減するために大人がとることのできる対策は子供やティーンエイジャーにも適用される。
  - ア 携帯電話端末の使用時間を減らす。
  - イ スピーカーモード又はヘッドセットを利用して頭部と携帯電話端末との距離を離す。
- ・他国の政府後援による団体の中には、子供には携帯電話を一切利用させないことを勧めているところもある。例えばイギリスのスチュワートレポートでは 2000年12月にこのような勧告を出している。このレポートにおいて、独立専門家グループは携帯電話の利用が脳腫瘍やその他の悪影響を引き起こす証拠は存在しないとしている。子供の携帯電話利用を制限する勧告はあくまでも予防的なものであり、健康被害が存在するという科学的証拠に基づくものではない。

#### 2.5.3.1.10 放射線・原子力安全センターポジション・ペーパー (フィンランド 2009年1月)

放射線・原子力安全センター（STUK）のポジション・ペーパーでは、子供の携帯電話利用は以下の方法で制限できるとしている。

- ・通話よりもメールの利用を促す。
- ・親が通話回数や通話時間を制限する。
- ・ばく露を大幅に低減するハンズフリー装置の使用を子供に勧める。ハンズフリー装置を使用して通話するときには、電話機は体から数センチメートル離しておくべきである。
- ・接続状態の悪い区域や移動中の自動車ないし列車での通話は避けるべきである。

#### 2.5.3.1.11 「電磁界の健康影響の可能性」（欧州委員会 新規に同定された健康リスクに関する科学委員会（SCENIHR）2009年1月）

要旨

- ・リスク評価の観点から、RF電磁界によって引き起こされる子供への影響の可能性に関する情報は限られていることを認識することが重要である。
- ・さらに、この報告書で取り上げられているもの以外の病気については情報がない。

#### 2.5.3.1.12 「高周波電磁界ばく露、生物学的作用及び健康影響（100kHz－300GHz）」（ICNIRP RF-EMF レビュー、2009年）

(1) 概要

- 1 高周波電磁界のドシメトリ
- 2 RFの生物学的作用についての実験的研究のレビュー
- 3 疫学

(2) RFの生物学的作用についての実験的研究のレビュー

- 1 序文
- 2 相互作用機序に関する生物学的証拠
- 3 細胞研究
- 4 動物研究
- 5 人体研究
- 6 要約及び結論

(3) 動物研究

- ・発達

新生及び幼若動物の発達時の長期RFばく露による影響の可能性についてはごくわずかしか研究がなされていない。脳の発達に対する影響が報告されているが、そ

の再現性を確認し、生物学的意義を理解するためには更なる実験が必要であろう。

- ・神経系

- ア RF 電磁界ばく露が新生及び幼若動物において血液脳関門の浸透性に影響を及ぼすかどうかを調査した研究が若干ある。一貫した電磁界依存作用の証拠は見つかっていない。

- イ その再現性を確認し、生物学的意義を理解するためにはさらなる実験が必要であろう。

- ウ 成人と比較した新生ないし幼若期の RF 感受性に関して確固たる結論を出すには証拠がまだ不十分である。

#### (4) 人体研究

- ・神経系

- ア 子供及び若者に関して、脳の電氣的活動及び認知能力について幾つか最新の研究が発表されている。自発的 EEG 調査の結果は少々曖昧であった。携帯電話ばく露時の認知能力についての2つの研究において影響は見られず、携帯電話使用者と非使用者における認知能力を比較する2つの研究では、使用者において能力のわずかな助長が報告されているが、これは当然ながら他の非制御可変要因によるものであろう。

- イ 概して、子供や若者に対する携帯電話による RF の影響についての確たる証拠はない。

- ・体温調節

- RF ばく露が生物組織を加熱する仕組みは十分に理解されている。

子供も大人と同様、運動及び／または高温環境に応じて体温を調節することが分かっているが、体積に対する表面積の比率が大きいことから脱水症状を起こしやすいだろう。

#### (5) 実験的研究の要約

- ・動物の場合、脳生理学における好ましい効果について散発的な報告があるにもかかわらず、ほとんどの研究において遺伝子発現ないし血液脳関門の浸透性増加のいずれにおいても電磁界依存反応は報告されていない。行動課題の成果における機能的結果の証拠は曖昧である。

- ・幼若動物の発達時の長期ばく露による影響を扱っている研究はごくわずかしかなかく、結論を出せるほどデータは十分ではない。

- ・子供も大人と同様、運動及び／または高温環境に応じて体温を調節することが分

かっているが、脱水症状を起こしやすいだろう。

- ・子供や若者の EEG 及び認知機能に対する携帯電話による RF の影響の可能性に関しては、概して影響の確たる証拠はない。

#### (6) 実験的研究の結論

総じて、実験的データでは今のところ、子供が RF 放射に対して大人よりも影響を受けやすいことを示すものはないと結論付けられるが、関連研究はほとんど行われていない。

## 2.5.3.2 小児における携帯電話利用と健康に関する疫学

### 2.5.3.2.1 WHO

小児に関する EMF 研究アジェンダにおいて、疫学研究は以下のように記述されている。

現在、小児における健康影響を検査する関連疫学はほとんどない。以下の勧告では、携帯電話を使用するか、基地局またはラジオ・テレビ放送塔の近くに住む小児のがんを始めたとする一般的な健康影響について扱っている。

- ・小児携帯電話利用者ならびに、脳腫瘍を除くが認知機能に対する影響や睡眠の質に対する影響など、一般的な健康影響を含むすべての健康影響に関する前向きコホート研究（最優先課題）
- ・小児携帯電話利用者と脳腫瘍に関する症例対照研究（最優先課題）
- ・基地局及び TV・ラジオ放送塔に関してばく露評価方法を改善した小児がんに関するコホート内症例対照研究（最優先課題）

### 2.5.3.2.2 研究の理論的根拠

- ・小児の携帯電話による EMF ばく露は成人の場合とは異なる。
  - ア 解剖学的特徴
  - イ 利用パターン
- ・小児期から生涯にわたる EMF ばく露は、異なった健康影響をもたらす可能性がある。
- ・成人において得られた結果を小児に当てはめることはできない。

### 2.5.3.2.3 研究方法のオプション

- ・コホート研究
  - ア 様々な健康影響を評価できる。
  - イ 選出及び想起バイアスを避けることができる。
  - ウ まれな影響に関しては大規模なコホートが必要である。
  - エ 時間がかかる。
- ・症例対照研究
  - ア 大規模な調査対象集団を規定できる。
  - イ 比較的短期の調査が可能である。
  - ウ 対象疾患数が限られる。

エ 選出及び想起バイアスが結果を歪めるかもしれない。

#### 2.5.3.2.4 日本における前向きコホート研究

- ・参加者は小学校から採用：全国の10-12歳
- ・ベースライン及び追跡調査においてインターネットを使用（すべての情報は親から収集）
- ・追跡期間は少なくとも5年
- ・疾病発生は病院からの情報とともに親／保護者の報告により確認
- ・入院に至った疾病発生のすべてについて情報収集
- ・腫瘍性疾患（主として脳腫瘍、白血病）についてはコホート内症例対照分析の予定

#### 2.5.3.2.5 その他の進行中の研究

##### (1) 子供と若者における脳腫瘍と携帯電話利用に関する症例対照研究(CEFALO)

- ・デンマーク、ノルウェー、スウェーデン、スイス
- ・7歳から19歳の子供における脳腫瘍の約550症例
- ・全国的ながん登録と併せた、クリニックを通じての症例の同定
- ・誕生日、性別及び地理的地域について合致した2対照の一般国民からのランダムな選出
- ・過去の携帯電話利用及び小児脳腫瘍についてのその他のリスク因子に関する情報の個人面接による入手（予定）
- ・携帯電話の利用頻度及び利用期間に関する情報の携帯電話事業者からの入手（任意）

##### (2) 若者における通信技術、環境及び脳腫瘍に関する研究 (Mobi-kids)

- ・13か国の国際的な多施設調査：  
オーストリア、オーストラリア、カナダ、フランス、ドイツ、ギリシャ、イスラエル、イタリア、ニュージーランド、スペイン、台湾、オランダ、イギリス
- ・欧州連合及び非EU協力機関向けの現地資金により出資
- ・研究期間：2010年から5年間
- ・10~24歳の2,000の症例及び対照群
- ・若者に関する人口統計学的要因、居住履歴、及び携帯電話利用を始めとする環境におけるリスク因子に関する質問をカバーする詳細なアンケート



### 2.5.3.3 小児と携帯電話（ドシメトリ）

#### 2.5.3.3.1 全身及び局所ばく露における SAR と体温上昇

- (1) 全身ばく露評価
  - ・全身平均 SAR (WBSAR)
  - ・深部体温上昇
- (2) 局所ばく露評価
  - ・ピーク空間平均 SAR
  - ・ピーク体温上昇（特に眼球と脳）

#### 2.5.3.3.2 計算方法

- (1) SAR（比吸収率）の計算： $\langle \sigma | E |^2 \rangle / \rho$  (W/kg)  
FDTD（数値解析法）、FEM（有限要素法）
- (2) 体温上昇の計算  
生体熱伝達に関する FD 法

#### 2.5.3.3.3 小児ファントム

- (1) 縮小ファントム  
頭部モデルや全身モデルについて、年齢に応じた縮小したファントムが開発されている。
- (2) 日本人モデル  
2002年に成人モデルが、2005年に小児モデルが NICT により開発された。
- (3) その他  
ETH チューリヒ IT' IS 財団による MRI 画像による 84 種類の組織と器官を表した成人、小児の縮小モデルやフロリダ大学による縮小モデルがある。

#### 2.5.3.3.4 局所ばく露

- (1) Christ と Kuster によるレビュー（2005 年）  
幾つかの研究で頭部が小さいほど局所ばく露が増大するとの結果がある。
- (2) 複数の研究機関による比較
  - ・ 14 のグループで構成される国際的なタスクフォースによる検討
  - ・ モデル：SAM ファントムと成人及び 7 歳の縮小頭部モデル
  - ・ 1900MHz 携帯電話の場合  
頭部、耳、平均的組織の 1g 及び 10g のピーク SAR 値は、頬や傾斜位置に関し

てアンテナ電流や電力に対して正規化した場合、成人モデルは、常に小児モデルよりも高い。

- ・ 835MHz 携帯電話の場合

平均 SAR は、特にアンテナ電流に対して正規化した場合の傾斜の位置に関して成人モデルよりも小児モデルの方が高い。

(3) 成人及び小児の頭部における SAR と体温の相関関係

成人モデルと小児モデルにおける明確な差異は見られない。

(4) SAR 及び  $\Delta T$  に対する電気定数及び熱定数の影響

- ・ SAR に対する電気定数の影響

平均 SAR は、水分含量に関する方程式から得られた電気定数を用いたときに大きな影響は受けない。

- ・  $\Delta T$  に対する電気及び熱定数の影響

平均 SAR と  $\Delta T$  の相関関係は、電気定数及び熱定数によってわずかに影響を受ける（血流量を除く）。

### 2.5.3.3.5 全身ばく露

(1) 全身平均 SAR

小児モデル評価において、100MHz 帯及び 1.5GHz を超える周波数帯において ICNIRP ガイドラインを超過する結果が得られている。

(2) ICNIRP からの声明（2009 年）

発表されている一部の研究において、勧告されている参考レベルでの身長 1.3m 未満の身体に関して、身体共鳴（100MHz）及び 1~4GHz の周波数範囲での誘導 SAR が、最悪条件に基づく現在の基本的制限値よりも最大で 40%高くなるとされている。しかしながら、このことは、一般公衆向けの 50 倍という大きな安全係数と比べると無視できるものである。

(3) 体内深部温度上昇と全身平均 SAR

小児の体内深部温度上昇は、成人よりも小さい。

(4) 体内深部温度上昇に影響を及ぼす支配的要因

人体の蓄積される熱量 = 基礎新陳代謝 + 電波電力吸収 - 人体からの放熱

### 2.5.3.3.6 まとめ

(1) 局所ばく露

- ・ 平均 SAR 及び体温上昇において成人と小児に特徴的な差異は認められない。

(2) 全身ばく露

- ・小児における全身 SAR は成人よりも大きい。
- ・小児における体内深部温度上昇は、表面積対体重比が大きいため、成人より小さくなる。
- ・成人と小児の体内深部温度上昇は、参考レベルでは同程度である。

## 2.5.3.4 韓国における RF EMF 及び小児の神経発達に関する研究

### 2.5.3.4.1 小児の RF EMF ばく露と ADHD (注意欠陥/多動性障害)

(1) 韓国の子供の年齢別携帯電話所有率

7歳以下で15%、10歳で40%程度、12歳以上では70%である。

(韓国天安の子供12,606人、2008年)

(2) 1日の携帯電話利用時間

年齢と共に増加し、12歳以上では、男子の40%、女子の50%以上が30分～4時間以上利用している。(韓国天安の子供12,606人、2008年)

(3) RF ばく露の測定

- ・ 24時間のRFばく露の個人モニタリング
- ・ EMESpy100<sup>®</sup> (Antennessa) 使用
- ・ 韓国の周波数帯用に新規開発
- ・ 15～255秒間隔でRFばく露モニタリング
- ・ 活動日誌に親又は本人が記録

(4) EME Spy100<sup>®</sup>の測定可能帯域

- ・ FM (88.1–107.9MHz)
- ・ TV7 (177–213MHz)
- ・ TETRA (350–400MHz)
- ・ TV47 (473–749MHz)
- ・ CDMAtx(824.025–848.85MHz)
- ・ CDMArx(869.025–893.35MHz)
- ・ PCStx(1750–1780MHz)
- ・ PCSrx(1840–1870MHz)
- ・ IMT-2000tx (1920–1980MHz)
- ・ IMT-2000rx (2110–2170MHz)

(5) 概括

- ・ すべてのRF帯において、数桁単位でばく露ガイドラインを下回る。
- ・ TV47帯域が最も高い。
- ・ CDMArx と PCSrx においては活動ないし場所によって変動する。
- ・ 個人ばく露メータ  
ア 自由電磁界測定を過小評価する傾向がある (Thuroczyet al., 2008)。

- イ 設置場所によっては明らかに不確実である (Randonet al., 2006)。
- ウ 検出下限 : 0.05V/m ではない。
- エ 無線 LAN、Bluetooth、Wibro など測定されない RF 帯が存在する。

(6) 疫学的観点からの今後の考慮事項

- ・ばく露指標として検出限界を上回るばく露継続時間
- ・累積ばく露量
- ・様々なサンプリングレートの違いの評価の必要性

#### 2.5.3.4.2 韓国における子供の健康及び環境の研究

(Children's Health and Environmental Research : CHEER)

(1) 韓国における子供の健康及び環境の研究 (CHEER)

- ・韓国における全国的な子供のコホート
- ・ベースライン調査 2005-2006 年、追跡調査 2007-2008 年、第二次追跡調査 2009-2010 年 (予定)
- ・10 都市にある 33 小学校の約 5,000 人の子供の参加
- ・対象健康影響
  - ア アレルギー疾患
  - イ 神経発達への影響

(2) 携帯電話と ADHD 研究

- ・目的
  - 子供の携帯電話利用と ADHD の関連性の調査
- ・方法
  - ア 約 2,500 人の子供が CHEER に参加
  - イ ADHD 評価 : Dupaul スケール、親又は保護者に配布
  - ウ アンケート調査によって得られた携帯電話所有と利用に関する情報
- ・結果
  - ア 携帯電話利用と ADHD の関連性
  - イ 逆の因果関係の可能性
  - ウ 追跡が必要

#### 2.5.3.4.3 妊娠中の妊婦の携帯電話利用

(1) MOCEH

- ・コホート、MOCEH (母子環境衛生 : Mothers and Children's Environmental

Health)

- ・ 2006 年以降の妊婦に関する多施設前向きコホート
- ・ 妊娠 20 週以前の妊婦が参加

(2) MOCEH 携帯電話研究

- ・ 目的  
妊娠中の携帯電話利用と子供の神経行動学的発達の関連性の調査
- ・ 方法  
ア 妊娠中の携帯電話利用に関するアンケート  
イ 一部の妊娠女性で 24 時間個人モニタリング (EME Spy100®)  
ウ 6、12 か月の子供に Bayley テスト
- ・ 結果  
ア 2011 年末に発表予定  
イ 子供の総数：約 1,000 人

(3) 概括及び今後の計画

- ・ 概括  
出生時体重及び身長によって出産前妊婦の携帯電話利用との関連性は見られなかった。
- ・ 今後の計画  
ア 参加者数の拡大 (2,000 人に拡大)  
イ 6 か月、12 か月の乳児において精神運動及び精神の発達評価 (Bayley テスト)

#### 2.5.3.4.4 妊娠女性のばく露測定

(1) 目的

- ・ 妊娠女性における RF ばく露パターンの調査
- ・ 携帯電話利用に関するアンケート情報の有効性確認

(2) 方法

- ・ MOCEH の 138 人
- ・ EME Spy100®、24 時間
- ・ 活動日誌

(3) 概括

- ・ 最も一般的な IT 活動  
TV 視聴、携帯電話利用、インターネット利用
- ・ 最も長い利用時間

AM ラジオ聴取（平均 300 分）、TV 視聴（214 分）、インターネット利用（191 分）

- ・ TV を除くばく露の高い場所
  - ア 家庭よりも職場
  - イ 屋内よりも屋外
  - ウ 個人的な場所よりも公共の場所
- ・ ばく露は ICNIRP ガイドラインよりはるかに微弱

#### (4) 疫学研究における考慮事項

- ・ 個人ドシメーターの問題
  - ア 個人ドシメーター使用時の過小評価（Georg Neubauer 2009）
  - イ 測定値の変動
    - ・ 身体装着場所
    - ・ 測定間隔
    - ・ ばく露計と携帯電話その他の RF 波源との距離
- ・ 大規模な疫学調査のためのモデル化。

Qualifex 研究（Buerget al, Mohleret et al, BIOEMS2009）

#### (5) 今後の計画

- ・ さらに多くの妊娠女性に拡大
  - 子の健康影響との関係を調べるための統計的検出力の向上
- ・ RF ばく露に関するアンケート情報の有効性評価
  - 個人線量測定とアンケート情報の相関関係の分析

## 2.5.3.5 フランスにおける小児の RF ばく露に影響を及ぼすパラメータ

### 2.5.3.5.1 ばく露に影響を及ぼすパラメータ

#### (1) 技術

- ・放射電力（時間占有率又は振幅）
- ・周波数

#### (2) 使用状況

- ・放射源の場所
- ・利用サービスの種類

#### (3) 解剖学

- ・組織特性
- ・形態学

### 2.5.3.5.2 放射電力の時間的な変化

GSM 基地局の放射電力は、時間帯によって変化するが、FM 放送局は 24 時間一定である。Wifi や GSM 携帯端末は、時間的に変動する。

### 2.5.3.5.3 実ばく露と最大ばく露

音声通信は無線方式により大きく異なる。

UMTS = 最大値の 1%

GSM = 50%

DECT = 100%

また、農村部と都市部においても異なる。

### 2.5.3.5.4 携帯電話ばく露の年齢による影響

900MHz～2400MHz 帯における脳 1g 当たりのばく露量は、大人よりも子供の方が多し調査結果があるが、皮質における差異が存在する可能性があり、さらなる調査が必要である。

### 2.5.3.5.5 前頭部ばく露

耳に近づけた携帯電話端末からの前頭部におけるばく露は、携帯電話を前頭部正面から 40cm 離れた場合におけるばく露と同程度である。



## 2.5.4 リスコミュニケーション

### 2.5.4.1 INTERPHONE 研究について

#### 2.5.4.1.1 オーストラリアの状況

- ・ここ数年、INTERPHONE 研究に対して大きな関心が寄せられた。
- ・結論は明確なものとなるか。
- ・一般公衆はどのようなことを求めるか。

#### 2.5.4.1.2 INTERPHONE 研究

##### (1) 概要

- ・携帯電話利用と頭頸部腫瘍について調査する 13 か国における症例対照研究
- ・2,800 件以下の神経膠腫；～2,500 件以下の髄膜腫；～800 件以下の聴神経腫及び 110 件以下の耳下腺腫瘍についての研究
- ・国内研究の半数以上を発表
- ・プール分析のレビュー中（神経膠腫、髄膜腫）
- ・一層の詳細研究の実施を予定

##### (2) 国及び主要タイプ別 INTERPHONE 研究の症例数

国名	神経膠腫	髄膜腫	聴神経腫	耳下腺腫瘍
オーストラリア	301	255	127	7
カナダ	170	94	84	28
デンマーク	181	121	71	15
フィンランド	178	231	76	N
フランス	94	148	111	N
ドイツ	256	250	67	N
イスラエル	180	350	72	19
イタリア	118	110	30	11
日本	60	82	69	N
NZ	84	54	20	N
ノルウェー	180	148	38	11
スウェーデン	227	184	102	18
UK (北部)	429	180	102	N
UK (南部)	307	221	152	N
合計	2,765	2,425	1,121	109
合計 (公表)	1,912 (69%)	1,382 (57%)	788 (70%)	52 (48%)

注：網掛けは、結果が公表されているもの。

数字は、Cardis その他（2007年）による。

- (3) 神経膠腫の結果：Ahlbom 他によるレビュー（ICNIRP SC Epi）
- ・ 14 のオリジナル研究（多くの国内 INTERPHONE 研究を含む）：大部分は通常の使用におけるリスク評価は 1 に近似又はそれ以下であったが、2 件は違った。
  - ・ プーリングによるリスク評価は、全てのばく露カテゴリーで長期的使用において 1.1（CI 0.8-1.4）に、通常使用において 1.0（0.8-1.2）に近似している。
  - ・ 結果は、携帯電話利用と神経膠腫の関連性を裏付けるものではない。
- (4) 神経膠腫の結果：長期的（10 年以上）使用
- ・ Hardell：19 症例で 2.8（CI 1.4-5.7）
  - ・ Lahkola（INTERPHONE プール分析）：143 症例で 1.0（CI 0.7-1.2）
  - ・ これらの結果をどのように扱うべきか。
  - ・ 左利きと右利き、防護の有無、取り消し、バイアス及び誤分類にどのように対応すべきか。
- (5) 公衆の要求（ポスト・インタフォン研究）
- ・ ARPANSA／政府の対応
  - ・ 健康に関する政府の警告
  - ・ 研究の増加と向上
  - ・ RF 基準の改訂、すなわち RL の引き下げ
  - ・ 一層の予防措置の導入
  - ・ 電話機器の設計改善
  - ・ 子供の携帯電話利用の禁止
- (6) ARPANSA の対応
- ・ 「証拠全体（whole-of-evidence）」アプローチの重視
  - ・ 公表された研究に関する概略説明：ウェブサイト上での毎月の更新
  - ・ ウェブサイトでの情報資料の提供
  - ・ インタフォン研究結果を踏まえ、専門家によって検証された科学的知識に関するレビューを行い、RF 基準の完全な見直しの必要性の有無について RHC に勧告
  - ・ 進行中の研究プログラムの支援
- (7) マスコミの報道と社会的関心
- ・ 電子媒体（7.30、60 Minutes、Lateline、インターネット）：我々の参加がしばしば問題となる。
  - ・ 印刷媒体（日刊紙、週刊誌）：責任を負い、センセーショナルとなる。

- ・ 基地局、電話機、がんの多発、子供などについての関心が高い。

(8) 世界保健機関

WHO では、『現在の科学的証拠により、携帯電話端末や基地局から放出されるものなど、RF 電磁界ばく露ががんを誘発ないし促進する可能性は低い』としている。

## 2.5.4.2 オーストラリアにおける一般市民の懸念に対する対応

### 2.5.4.2.1 オーストラリアにおける社会的関心

- ・社会的関心は、非常にまちまちである。
  - ア ごく少数の人々の間では非常に関心が高い。
  - イ 抗議運動に参加するほどには関心は広まっているが、必ずしも抗議運動を起こしているわけではない。
  - ウ 個人の関心は、携帯電話端末よりも基地局の方が高い。
  - エ メディアに取り上げられるのは、地元の関心が集まる基地局や全国的に普及している端末、脳腫瘍。
- ・全体的な関心は、ELF EMF よりも低い。

### 2.5.4.2.2 ARPANSA の取組

- ・科学に基づく情報、勧告及びばく露基準の提供
  - ・適切な研究の奨励
- ARPANSA 基準には公衆ばく露における予防的な最小化要件が含まれている。予防的数値限度、バッファゾーンなどについては恣意的／非生産的なものであり反対である。

### 2.5.4.2.3 ARPANSA ばく露基準

- ・ICNIRP に沿っているが、科学的知識に関する独自の評価を含んでおり、その理論的な根拠を詳細に示している。
- ・公衆ばく露に関する予防的な最小化条件が含まれている。

#### 5.7 一般公衆の防護

- (e) 必要に応じて、サービス目標またはプロセス要件の達成にとって不必要もしくは付随的な RF ばく露を最小化すること。ただし、合理的な経費で容易に実施可能であることを条件とする。このような予防的措置は、優れた技術的慣行及び関係行動基準に従うべきである。本基準で規定するばく露限度に恣意的に更なる安全要因を追加することは支持されない。
- ・継続的な科学的レビューの実施と必要により基準及び実施することを約束している。
- ・ARPANSA は、基準改訂の必要性を判断するため、現行基準が策定された後に公表された文献レビューを始めている。

#### 2.5.4.2.4 科学に基づいた助言及び情報

- ウェブサイトによる情報提供
  - ア 電磁界放射に関する基本事項
  - イ NIR 固有の問題に関するファクトシート (携帯電話、基地局、放送アンテナ、携帯電話と子供)
- EMR 文献レポートをウェブサイト上で毎月公表  
関心を持つ公衆にとって、興味深いと思われる最新の科学出版物の要約
- 基地局設置に関する業界基準
  - ア ARPANSA 要件に基づく環境 EME レポート
  - イ 地表における最大出力時のばく露値の計算
  - ウ 新たな設備及び重要な装置の改善の義務付け
  - エ コンサルテーションプロセスで使用され、業界ウェブサイトで公表される EME レポート
  - オ ARPANSA ウェブサイトでの EME レポートへのガイド
- ARPANSA による基地局調査
  - ア 少数の基地局 (年間 10 件以下)
  - イ 社会的関心の高さに基づき選択
  - ウ ARPANSA は、ばく露値の最大値が測定できる測定地点を選択
  - エ 測定は ARPANSA の手続きに従い、NATA 認定業者により実施
  - オ 測定結果は、ウェブサイト上で解説とともに発表
- 電磁放射健康影響申立登録センター (Electromagnetic Radiation Health Complaints Register)
  - ア 秘密厳守、EMR (ELF または RF) により症状を引き起こされているとの確信に基づく。
  - イ 調査は行われない。
  - ウ 情報を NH&MRC に提供するための許可を求める。
  - エ 2003 年 7 月以来 46 件の申立、初年度に 50%以上がなされた。
  - オ 毎年ウェブサイト上で要約を発表している。
- EMERG : 電磁エネルギー・レファレンス・グループ (Electromagnetic Energy Reference Group)
  - ア 政府機関 (政策、規制機関、ARPANSA)、研究機関、業界及び地域社会代表による年 2 回の会合開催

イ 最近では、ARPANSA に関するフィードバック及びその他の政府措置について討議

ウ ARPANSA は、更なる情報を得たいとの質問に答えられるよう努力

## 2.5.4.3 南米における EMF リスク管理

### 2.5.4.3.1 リスク管理の諸側面

リスク管理においては、以下の事項につき検討する必要がある。

- ・何を伝えるか。
- ・誰に伝えるか。
- ・いつ伝えるか。
- ・どのように伝えるか。

### 2.5.4.3.2 何を伝えるか

ラテンアメリカ諸国では、EMF のリスク管理に関する系統だった取組はなかった。何を伝えるかに関しては、以下を含む様々なアプローチがある。

#### (1) EMF を制限するための国際的なガイドライン遵守についての周知

- ・ラテンアメリカ諸国の規制機関の中には、ウェブサイトにおいて電気通信による非電離放射に関する制限値の遵守を公表しているところもある。例えば、  
ア アルゼンチン通信事務局

(The Secretariat of Communications of Argentina)

イ ブラジルの電気通信規制機関である ANATEL は、ウェブサイト上で結果を公表するためにダイナミックな調査を開始している。

ウ CONATEL : エクアドルの電気通信監督機関

- ・制限値の遵守に関する地図を公表している地方政府がある。例えば、

ア アルゼンチンのブエノスアイレス

イ ブラジルのアメリカナ市政府

<http://www.cpqd.com.br/monitor/americana/>

- ・調査結果を公表している大学がある。

ア アルゼンチンのコルドバ大学は、コルドバでダイナミックな調査を実施し、結果をウェブサイト上で発表している。

イ コロンビアのカリ大学は、コロンビアのカリで実施した調査について発表した。

ウ ペルーの INICTEL-UNI は、ウェブサイト上でリマ市での測定結果を発表した。

#### (2) 出版物

通常、会議や会合、冊子、本などにより、以下の事項が周知される。

- ・無線通信の利点
- ・健康に対する携帯電話端末の影響
- ・生物学と健康影響
- ・科学における不確実性とその意味
- ・予防原則

アルゼンチンでは、EMF 基準の基礎となった、EMF による生物学的及び健康上の影響に関する本が出版された。ペルーでは、以下の本が出版されている。

- ・「携帯電話と健康 (La telefonía móvil y su salud)」約 30 ページの冊子で、一般公衆を対象としている。
- ・「携帯電話通信網と人の健康 (Las redes de telefonía móvil y la salud de las personas)」電気通信やその他の専門家向けである。
- ・「携帯電話の環境影響 (El impacto ambiental de la telefonía móvil)」電磁気の影響や移動体通信ネットワーク等の環境影響を取り扱っている。

INICTEL-UNI がスペイン語に翻訳した、WHO EMF プロジェクトによる EMF 政策に関する本もある。

- ・「電磁界の危険性に関する対話の確立 (Estableciendo un Dialogo sobre los Riesgos de los Campos Electromagnéticos)」
- ・「モデル規制 (Legislación Modelo)」
- ・「健康に基づく EMF 基準策定のための枠組 (Marco para el Desarrollo de Estándares de CEM basados en la Salud)」

国際機関の出発物として、以下がある。

- ・AHCIEET (ヒスパニック・アメリカ通信研究協会 (Hispanic-American Association of Telecommunication Research Centers and Enterprises)) はラテンアメリカの基準に関する本を 2004 年に発行した。
- ・CITEL (南北アメリカ諸国による電気通信委員会 (Inter American Commission for Telecommunications)) が、「Aspectos Técnicos y Regulatorios Relativos a los efectos de las Emisiones Electromagnéticas No Ionizantes (非電離放射の影響に関する技術的側面)」と題する CD を 2006 年に発行した。

#### 2.5.4.3.3 誰に伝えるか

主な目的は、一般公衆への周知であるが、中央政府、地方政府当局、司法機関、専門機関にも伝えることが重要である。しかし、一般公衆への周知ができていないと思われ、移動体通信による EMF 電磁界の問題が時々発生している。



現在、ペルーでは WiMax ネットワークの基地局設置について、多くの問題に直面している。

#### 2.5.4.3.4 いつ伝えるか

ほとんどの場合、サービス提供者や規制機関による周知方法是对処的なものであり積極的なものではない。通常は、危機的状況になってから周知が行われるため、問題解決のために多くの労力を費やすこととなる。

#### 2.5.4.3.5 どのように伝えるか

周知は、必ずしもうまくいっていない。口語的で親しみやすい言葉で伝えるためのラテンアメリカ文献がほとんどないからである。そうした目的の文献として、ボリビアで発行された漫画によるものがある。

#### 2.5.4.3.6 ラテンアメリカにおけるリスク管理に関する研究

ラテンアメリカにおいて実施された EMF の社会的問題に関する数少ない研究の 1 つに、2001 年にチリで行われた心理測定パラダイムを用いたものがある。この目標は、以下のとおり。

- ・チリ国民を悩ませている危険についての評価
- ・国民の認識に影響するリスクの特性についての説明
- ・社会的に認識されているリスクと個人的に認識されているリスクとの差異の調査
- ・リスク受容性の問題の調査
- ・集約されたデータではなく、個別データを用いるときの、データの変動性についての研究

本研究では、環境、技術、交通、禁止されている中毒性物質、化学農薬、自然災害及び社会的病等の 54 のリスクについて検討され、携帯電話アンテナについても技術的リスクの中に含まれていた。携帯電話の問題は、環境問題の視点から評価される。

本研究のごく一般的な結論は、携帯電話に当てはめることができるだろう。携帯電話基地局に関する問題はマスコミで取り上げられ続けるだろうが、その一方で、チリ（そしてラテンアメリカのほとんど）における携帯電話の数は、1 人 1 台以上にまで増加している。このことは潜在的な健康上のリスクに対する受容性を明確に示している。

公共通信と EMF に関する社会的研究に関するラテンアメリカの参考資料はほとんどない。本レビューのほとんどが、ヨーロッパ、米国、その他の非アメリカ諸国の報告に基づき行われた。我々が唯一把握している進行中の研究プロジェクトは「ブラジルにおける携帯電話の社会的影響の評価。I. 福祉、健康及び安全」であるが、今のところ結

果は発表されていない。

現在、Ricardo Taborda が Latin American Science Review のための EMF に関連する社会的問題に関する報告書をまとめている。これはアルゼンチンの Taborda、ブラジルの Sabatini 及びペルーの Cruz により、Keifets 博士、Repacholi 博士及び Vecchia 博士の助言を受けて作成された。

#### 2.5.4.3.7 結論

- ・リスク管理に関して、ラテンアメリカでは数多くの対応がなされているが、適切に計画されていないものがある。また、適切に計画されている場合であっても、あまり効果的でないと思われるものがある。
- ・公共通信と EMF に関する社会的研究に関して、ラテンアメリカの参考資料はほとんどない。
- ・公衆はより多くの情報を必要としているが、EMF とアンテナというテーマについては、特に地方当局（市民の認識を促進している）と国家当局との間に大きな対立があり、インターネットを通じて一般公衆に周知するという試みが非常に少ない。全てのラテンアメリカ諸国において、さらなる努力が必要なのは明らかであり、積極的な啓蒙活動が必要である。

## 2.5.4.4 ニュージーランドにおけるリスク認識問題

### 2.5.4.4.1 過去

#### (1) 過去

- ・携帯電話のセル基地局は、都市計画規則に基づき検討されなかった。
- ・都市計画に関する数多くの公聴会で、同じ見解が出された。
- ・多くの地方審議会が議論を評価することは不可能と考えていた。
- ・国内で様々な規則が適用された。

#### (2) 国家ガイドライン

- ・地方自治体 (LA)、電気通信業界、提案者に向けて国家的指針を出すことを目的
- ・問題を検討し、提案を集めるためにすべての当事者の間で幅広い協議
- ・長期にわたるプロセス

#### (3) ガイドライン発表：2000年

- ・LAを拘束するものではないが、強く勧告
- ・NZ RF 基準の準拠を義務付け
- ・慎重を期した情報伝達についての業界への勧告
- ・提案者に対して期待できるものについての指導

#### (4) 成功した理由

- ・協議というアプローチ
- ・地域社会の問題にできるかぎり対処
- ・中央政府の確固たるリーダーシップ
- ・すべての当事者の期待事項を管理
- ・ばく露最小化のための要件
- ・継続的な研究のレビューを約束 (機関間委員会 (Interagency Committee))

### 2.5.4.4.2 現在

#### (1) 現在

- ・一部の地域において動揺の増大
- ・問題の集束

個々の場所、新たなネットワーク、新たな電気通信規制

- ・インターネットによる加速化
- ・議会への請願

#### (2) 提起された問題点

- ・ニュージーランドばく露基準。
  - ア 古い
  - イ 長期的影響を無視
  - ウ 熱的効果は無視
  - エ その他多くの健康影響を無視
  - オ 一部の欧州諸国、中国などと比較して高い
- ・基地局設置に関する協議の欠如。

### (3) 現在のイニシアティブ

- ・実測による監査
- ・地域と合意したガイドライン
- ・電気通信規制の利用者ガイド
- ・情報資料の改訂
- ・大臣に対するレビュー
- ・ガイドラインの改訂
- ・科学メディアセンター（Science Media Centre）の設置

#### 2.5.4.4.3 将来

- ・健康とばく露制限値に関する明確な提示
- ・基地局設置条件に関するガイドライン
- ・健康に関する様々な意見の評価
- ・電気通信規制への適合性監査
- ・情報共有のためのウェブサイトの立ち上げ
- ・基本への忠実さ

#### 2.5.4.4.4 北欧諸国の声明

「北欧諸国当局においては、通常的生活環境において無線周波電磁界強度を原因とする健康への悪影響に関する科学的証拠は今のところないとの意見で一致している。（中略）したがって、北欧諸国当局は、現時点では、無線周波電磁界の低減のためのさらなる処置について共通勧告の必要性はないと考えている。

しかしながら、無線周波数を利用する多くの技術が普及するようになって20年足らずであることに留意することは重要である。それゆえ、無線周波放射の健康影響の可能性についての積極的な研究と、この問題に関する科学的文献の再評価を続けることが重要である。また、各種波源のばく露における進展とこのような進展による健康

への影響の可能性についても追跡することが重要である。」

#### **2.5.4.4.5 まとめ**

「人が望むものは知識ではなく、確実性である。」

「真実が純然たることはめったになく、また決して単純なものではない。」

#### 2.5.4.5 日本における携帯電話利用と携帯電話関連症状についての横断調査

どの程度の人が、携帯電話による RF-EMF の健康への影響を懸念しているかを把握するために、12,000 人の日本人を対象とした横断的なアンケート調査に基づく一般公衆における「自己申告電磁過敏性」の発生率を推定した結果に関する発表があった。検討結果は、以下のとおり。

- ・アンケート調査の結果、日本の一般公衆における自己申告 EHS の率は 1.2% であった。
- ・携帯電話の使用／使用後の代表的な症状は、「眠気」、「目のかすみ」、「頸部の凝り」、「頭痛」であった。
- ・横断調査で RF-EMF とこれら症状との因果関係が示されなかったことは注目される。
- ・日本における誘発研究では、携帯電話関連症状と携帯電話による RF-EMF との間には有意な相関関係はないと結論付けられた。

## 2.5.4.6 英国における RF EMF に対する公衆及び利害関係者の関心について

### 2.5.4.6.1 スチュアートレポート

#### (1) 概要

- ・携帯電話に関する独立専門家グループ（IEGMP）が 2000 年に報告したレポート。グループの委員長の名前からスチュアートレポートと呼ばれる。
- ・関係科学分野において国際的に評価の高い専門と 2 人の一般人メンバーが参加して、大衆の関心事項について考察を行った。
- ・国中で公聴会を開催し、非専門家や多様なバックグラウンドを持つ人々の意見が考慮された。
- ・IEGMP の主要な結果については、論拠が複雑であり、一定の箇所だけを抜き出すと議論が誤解されやすいため、慎重な考慮が求められる。

#### (2) IEGMP の予防的取組方法

- ・ ICNIRP 公衆ばく露制限の適用  
「我々は、予防的取組方法として、NRPB ガイドラインよりもむしろ、公衆ばく露に関する ICNIRP ガイドラインをイギリスにおいて使用するために採用することを推奨する。」
- ・事業者向けの要件として電磁界放射の可能な限りの低減提案  
「...さらに、電磁界が効果的に作動する電気通信システムに見合った最低レベルに維持されるように確保する、機器及び設備に関する優れた技術的慣行を義務付ける政策を設ける。」
- ・地元への説明責任の向上のための開発管理（計画）システムの変更提案
- ・国家基地局登録センターの設置
- ・国家基地局監査センターの設置
- ・学校近くの基地局に関する学校長との協議
- ・「最大放射ビーム」が校庭を向く場合の学校及び保護者の承諾

### 2.5.4.6.2 携帯電話基地局についての対応

- ・政府／業界出資による RF 研究（MTHR 1 及び 2）
  - ア サリー大学における保健省の携帯電話に関する忠告冊子のリスク伝達の有効性について研究
  - イ エセックス大学における EHS についての研究
- ・政府／機関のリスク周知活動（DH/BERR/CLG、Ofcom、HPA 文献及びウェブ

サイト)

- ・ MOA／事業者によるリスク周知活動（ウェブサイト、ファクトシート、e-レター、リスク周知マニュアル）
- ・ 携帯電話事業者の「基地局設置におけるベストプラクティスに関する 10 の約束（Ten Commitments to best siting practice）」（2001 年）（現在はイングランド及びウェールズにおける政府のベストプラクティス基準で採用）
- ・ すべての事業者によるネットワーク展開計画の英国内の 431 の地方都市計画担当当局に対する事前説明
- ・ すべての事業者による信号評価（traffic light rating）に基づく設置場所の選定・計画モデルの使用
- ・ 設置場所選定モデルにおける基地局設置前のコンサルテーション（学校及びカレッジを含む）の重要性
- ・ LPA 審議官及び計画担当官向けの継続的な情報セミナー（2001 年以来 200 回以上開催）
- ・ 無線基地局の RF 放出に関する Ofcom の監査  
500 以上の場所で評価したが、すべて ICNIRP の公衆ばく露ガイドラインを十分に下回る。
- ・ 英国内の全無線基地局（Airwave 及び Network Rail サイトを含む）に関するデータベース「Sitefinder」  
Ofcom のウェブサイト（<http://www.ofcom.org.uk/sitefinder/>）で郵便番号または地域による検索が可能である。

#### 2.5.4.6.3 利害関係者の参加

- ・ 2001～2004 年の間に、MOA は独立委員長とともに 6 回のステークホルダー・ラウンドテーブル会合を開催
- ・ 政府、各機関、地方自治体計画担当者、科学者、活動家、業界すべての代表が出席
- ・ 健康や携帯電話ネットワーク構築と都市計画についての広範囲な討議
- ・ MOA の 10 の約束案の詳細について話し合うため、2001 年 4 月に 1 対 1 の個別面談を実施
- ・ 政策及び携帯電話ネットワークに関する共同冊子の発行について話し合うために、長期間にわたって Mast Action UK との定期的会合を開催



#### 2.5.4.6.4 基地局設置におけるベストプラクティスに関する 10 の約束 (2001 年)

- ・ コミュニケーション／コンサルテーションの向上
- ・ 地方自治体計画担当官向けの情報量の増大
- ・ 計画担当者／公衆に対する透明性の向上
- ・ 計画に関する法定義務に加えてネットワーク事業者により自主的に実施
- ・ 計画担当官の作業を支援するために業界全体で標準化された事務作業／手続

#### 2.5.4.6.5 説明責任

- ・ MOA ウェブサイトで公開報告される関係者によるラウンドテーブル会合開催。
- ・ 10 の約束の実現レビュー (イギリスの 4 政府に対して、またウェブサイトでも発表)
- ・ Ipsos-MORI によって 2001 年以降毎年行われている LPA 満足度調査 (イギリスの 4 政府に対して、またウェブサイトでも発表)
- ・ MOA セミナーによる LPA 満足度調査
- ・ 四半期ごとにイギリスの 4 政府に対して送付されるサイト共有統計データ (サイト共有は政府の優先事項)

#### 2.5.4.6.6 イギリスの現状

- ・ 携帯電話と健康に関するリスク伝達は、内容よりもプロセスの問題に重点が置かれている。
- ・ 「予防」の解釈についての有益な研究 (MTHR 及び GSMA 研究) が行われている。
- ・ 世論調査を通じて評価された現在の社会的関心度は低い。
- ・ 強力な利害関係者は、活発に活動を継続している。
- ・ メディアの関心は常に流動的。INTERPHONE 研究の結果に関する最近の記事は誤解を与えるものであった。
- ・ イギリスメディアの一部には報告能力のある科学の専門家がいる。
- ・ 透明性と多様なレベルのすべての関係者間の対話を促進することが重視されている。

#### 2.5.4.6.7 携帯電話端末と基地局の設置場所について今なお懸念する人々がいる理由

- ・ 信頼が低い。

- ・最悪の健康影響の可能性が否定されていない。
- ・科学は不確実と思われている。
- ・未観測のばく露レベルに対する管理が行われていない。
- ・子供は脆弱性が高いと考えられている。
- ・メディアは否定的である。
- ・人々は声を上げることができないと感じている。

#### 2.5.4.6.8 結論

健康へのリスクに関する社会的な懸念が問題であるとするならば、それは研究プログラムが基本的な事項を無視していたことになる。

- ・科学は、一般公衆に対して説得力のあるものにはならないだろう。単純に科学的な「証拠」の問題ではない。
- ・社会学的問題、特にリスク周知に関する研究には、わずかな資金しか投じられてこなかった。少な過ぎ、かつ、遅すぎる。
- ・諮問機関は、国民の信頼喪失に対して、さらに取り組まなければならない。
- ・技術は非常に高度化している。しかしながら、そのリスクコミュニケーション能力は十分に活用されていない。やるべきことはまだまだある。