

# 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20年度 海外研究動向調査報告書

平成21年3月

総 務 省



## 目 次

緒言	1
I 研究動向	2
1. 疫学研究	2
1.1 携帯電話使用と頭頸部のがん (INTERPHONE Study)	2
1.2 放送局周辺での小児白血病	8
1.3 その他の疫学研究	8
2. ヒト実験室研究	10
2.1 電磁過敏症	10
2.2 脳機能・認識への影響	11
2.3 その他の影響	14
3. 動物研究	16
3.1 がん	16
3.2 遺伝毒性	16
3.3 生育能力への影響	16
3.4 神経学的影響	17
3.5 内分泌系への影響	18
3.6 行動学的影響	18
3.7 その他の影響	19
4. 細胞研究	20
4.1 遺伝毒性	20
4.2 細胞の生育能力への影響	22
4.3 細胞機能への影響	23
5. その他の研究	26
5.1 RF ばく露とがん	26
5.2 RF ばく露とがん以外の健康影響	27
5.3 RF ばく露の生物学的影響	28

II	国際機関・各国専門機関の報告書	29
III	今後の研究課題	32
IV	参考文献	33
V	参考資料	45

1. 国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP)  
「新たな電磁界放射技術に関する ICNIRP の声明」
2. フランス保健・青年・スポーツ文化省  
「携帯電話：健康と安全」
3. スウェーデン放射線防護庁 (SSI) 電磁界に関する独立専門家委員会 (IEG)  
「電磁界と健康リスクに関する最近の研究：IEG 第5回年次報告 (2007年版)」
4. ロシア非電離放射線防護委員会 (RNCNIRP)  
「子供と携帯電話：次世代の健康が危険に曝されている」
5. カナダ・トロント市公衆衛生局 ファクトシート  
「子供と安全な携帯電話使用」
6. オランダ保健審議会 (HCN) 電磁界委員会  
「BioInitiative 報告」
7. 欧州委員会 電磁界ばく露の影響：科学から公衆衛生、より安全な職場へ (EMF-NET) 報告書  
「がんに関連するプロジェクトの報告 (バイオアッセイ、形質転換研究、プロモーション研究)」  
「がんに関連する細胞及び分子レベルのプロジェクトの報告 (遺伝毒性、細胞分化、アポトーシス、遺伝子発現、その他)」  
「免疫機能及び内分泌系への影響」  
「血液脳関門、聴覚系、行動、心臓血管系、神経系への影響に関連する実験研究及びプロジェクトの報告」
8. 欧州委員会 新興及び新規に同定された健康リスクに関する科学委員会 (SCENIHR) 「電磁界ばく露の健康影響」

## 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、一方では国民だれ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、2008 年（平成 20 年）に投稿のあった海外の研究文献を把握し、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ったのでここに報告する。

# I 研究動向

本報告では、無線周波数 (RF) 電磁界の健康影響に関連する 2008 年に報告された研究の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 (Femu) 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 2008 年に掲載された、主に無線通信や放送に用いられている帯域 (300MHz~3GHz) の RF による影響を扱っている疫学研究 8 編 (及び関連するコメント 3 編)、ヒト実験室研究 19 編、動物研究 12 編、細胞研究 22 編 (及び関連するコメント 2 編)、その他の研究 12 編を選択した。

(\*) : EMF-Portal のアドレス [http://www.emf-portal.de/\\_index.php](http://www.emf-portal.de/_index.php)

## 1. 疫学研究

疫学研究に関する文献 8 編のうち、携帯電話端末の使用と頭頸部のがんに関する国際共同研究 INTERPHONE Study の一環として報告された文献が 3 編、ラジオ/TV 放送局周辺での小児白血病を扱った文献が 1 編、その他の疫学研究を扱った文献が 4 編 (及び関連するコメントが 3 編) であった。

### 1.1 携帯電話使用と頭頸部のがん (INTERPHONE Study)

- (1) Lahkola 等[51]は、北欧 5 カ国 (デンマーク、フィンランド、ノルウェー、スウェーデン、イギリス) における携帯電話端末の使用と髄膜腫のリスクとの関連についての症例対照研究 (症例 1,209 人/対照 3,299 人) を実施した。この結果、携帯電話の定常的使用者における髄膜腫のリスクは、非使用者または非定常的使用者と比較して明らかに低かった (オッズ比 (OR) =0.76、95%信頼区間 (CI) :0.65-0.89)。使用開始からの年数、生涯の使用年数、累積使用時間または累積使用件数のいずれについても、髄膜腫のリスク上昇との関連は認められなかった。この知見は、ネットワークの種類 (アナログ/デジタル)、年齢、性別に関わらず同様であった。
- (2) Sadetzki 等[74]は、イスラエルにおける携帯電話端末の使用と耳下腺腫のリスクとの関連についての症例対照研究 (良性の症例 402 人、悪性の症例 58 人/対照 1266 人) を実施した。全体的な結果としては、携帯電話端末の定常的使用と耳下腺腫のリスク上昇との関連は認められなかった (耳下腺腫全体では OR=0.87、95%CI:0.68-1.13 ; 良性の耳下腺腫では OR=0.85、95%CI:0.64-1.12 ; 悪性の耳下腺腫では OR=1.06、95%CI:0.54-2.10)。腫瘍発生側と同側での携帯電話端末の使用に関しては、累積使用件数が最大のカテゴリー (OR=1.58、

95%CI:1.11-2.24) 及び累積使用時間が最大のカテゴリー (OR=1.49、95%CI:1.05-2.13) において、統計的に有意なリスク上昇が認められた。腫瘍発生側と反対側での使用に関しては、リスク上昇は認められなかった。農村部のみ、及び農村部と都市部の両方での使用に関しては、ほとんどのばく露尺度についてリスク上昇が認められ、累積使用件数が最大のカテゴリーでは OR=1.81、95%CI:1.04-3.14、累積使用時間が最大のカテゴリーでは OR=1.96、95%CI:1.11-3.44 であった。この傾向は都市部のみでの使用については認められなかった。

- (3) Takebayashi 等[83]は、日本における携帯電話端末の使用と脳腫瘍（神経膠腫、髄膜腫及び下垂体腺腫）のリスクとの関連についての症例対照研究（症例 322 人：うち神経膠腫 88 人、髄膜腫 132 人、下垂体腺腫 102 人／対照 683 人）を実施した。この結果、携帯電話の定常的使用に関する神経膠腫、髄膜腫及び下垂体腺腫の OR（及び 95%CI）は、それぞれ 1.22 (0.63-2.37)、0.70 (0.42-1.16) 及び 0.90 (0.50-1.61) と、統計的に有意なリスク上昇は認められなかった。

なお、国際がん研究機関 (IARC) は 2008 年 10 月、INTERPHONE Study における既刊の国別研究の結果のまとめの更新版[37]を発表した。この内容を表 1 に示す。

表 1-1 INTERPHONE Study における既刊の国別研究の結果のまとめ

神経膠腫							
国	年齢	診断年	症例/対照	OR(95%CI)/症例数 定常的使用	OR(95%CI)/症例数 使用開始から 10 年超	OR(95%CI)/症例数 使用開始から 10 年超 腫瘍と同側で使用	OR(95%CI)/症例数 使用開始から 10 年超 腫瘍と逆側で使用
デンマーク Christensen 等、2005	20-69	2000-2002	低悪性度： 81/155 高悪性度： 171/330	低悪性度： 1.08(0.58-2.00)/47 高悪性度： 0.58(0.37-0.90)/59	低悪性度： 1.64(0.44-6.12)/6 高悪性度： 0.48(0.19-1.26)/8	--	--
フランス Hours 等、2007	30-59	2001-2003	96/96	1.15(0.65-2.05)/59	46 ヶ月超 1.96(0.74-5.20)/21	--	--
ドイツ Schuz 等、2006	30-69	2000-2003	366/1494	0.98(0.74-1.29)/138	2.20(0.94-5.11)/12	--	--
日本 Takebayashi 等、2008	30-69	2000-2004	83/163	1.22(0.63-2.37)/56	6.5 年超 0.60(0.20-1.78)/7	--	--
ノルウェー Klaeboe 等、2007	19-69	2001-2002	289/358	0.6(0.4-0.9)/161	6 年超 0.8(0.5-1.2)/70	6 年超 1.3(0.8-2.1)/39	6 年超 0.8(0.5-1.4)/32
スウェーデン Lonn 等、2005	20-69	2000-2002	371/674	0.8(0.6-1.0)/214	0.9(0.5-1.5)/25	1.6(0.8-3.4)/15	0.7(0.3-1.5)/11
英国 Hepworth 等、2006	18-69	2000-2004	966/1716	0.94(0.78-1.13)/508	0.90(0.63-1.28)/66	--	--
北欧合算 Lahkola 等、2007		2000-2004	1522/3301	0.78(0.68-0.91)/867	0.95(0.74-1.23)/143	1.39(1.01-1.92)/77	0.98(0.71-1.37)/67



表 1-2 INTERPHONE Study における既刊の国別研究の結果のまとめ

髄膜腫							
国	年齢	診断年	症例/対照	OR(95%CI)/症例数 定常的使用	OR(95%CI)/症例数 使用開始から 10 年超	OR(95%CI)/症例数 使用開始から 10 年超 腫瘍と同側で使用	OR(95%CI)/症例数 使用開始から 10 年超 腫瘍と逆側で使用
デンマーク Christensen 等、2005	20-69	2000-2002	175/316	0.83(0.54-1.28)/67	1.02(0.32-3.24)/6	--	--
フランス Hours 等、2007	30-59	2001-2003	145/145	0.74(0.43-1.28)/71	46 ヶ月超 0.73(0.28-1.91)/15	--	--
ドイツ Schuz 等、2006	30-69	2000-2003	381/762	0.84(0.62-1.13)/104	1.09(0.35-3.37)/5	--	--
日本 Takebayashi 等、2008	30-69	2000-2004	128/229	0.70(0.42-1.16)/55	5.2 年超 1.05(0.52-2.11)/30	--	--
ノルウェー Klaeboe 等、2007	19-69	2001-2002	207/358	0.8(0.5-1.1)/98	6 年超 1.0(0.6-1.8)/36	6 年超 1.1(0.6-2.3)/17	6 年超 1.2(0.6-2.3)/18
スウェーデン Lonn 等、2005	20-69	2000-2002	273/674	0.7(0.5-0.9)/118	0.9(0.4-1.9)/8	1.3(0.5-3.9)/5	0.5(0.1-1.7)/3
北欧合算 Lahkola 等、2008		2000-2004	1209/3299	0.76(0.65-0.89)/573	0.91(0.67-1.25)/73	1.05(0.67-1.65)/33	0.62(0.38-1.03)/24

表 1-3 INTERPHONE Study における既刊の国別研究の結果のまとめ

聴神経腫							
国	年齢	診断年	症例/対照	OR(95%CI)/症例数 定常的使用	OR(95%CI)/症例数 使用開始から 10 年超	OR(95%CI)/症例数 使用開始から 10 年超 腫瘍と同側で使用	OR(95%CI)/症例数 使用開始から 10 年超 腫瘍と逆側で使用
デンマーク Christensen 等、2004	20-69	2000-2002	106/212	0.90(0.51-1.57)/45	0.22(0.04-1.11)/2	--	--
フランス Hours 等、2007	30-59	2001-2003	109/214	0.92(0.53-1.59)/58	46 ヶ月超 0.66(0.28-1.57)/14	--	--
ドイツ Schlehofer 等、2007	30-69	2000-2003	97/194	0.67(0.38-1.19)/29	--/0	--	--
日本 Takebayashi 等、2006	30-69	2000-2004	101/339	0.73(0.43-1.23)/51	8 年超 0.79(0.24-2.65)/4	--	--
ノルウェー Klaeboe 等、2007	19-69	2001-2002	45/358	0.5(0.2-1.0)/22	6 年超 0.5(0.2-1.4)/8	6 年超 0.9(0.3-2.8)/5	6 年超 0.8(0.2-2.5)/4
スウェーデン Lonn 等、2004	20-69	1999-2002	148/604	1.0(0.6-1.5)/89	1.9(0.9-4.1)/14	3.9(1.6-9.5)/12	0.8(0.2-2.9)/4
北欧合算 Schoemaker 等、2005		1999-2004	678/3553	0.9(0.7-1.1)/360	1.0(0.7-1.5)/47	1.3(0.8-2.0)/31 1.8(1.1-3.1)*/23	1.0(0.6-1.7)/20 0.9(0.5-1.8)*/12

\*使用開始からの年数ではなく使用年数で分析

表 1-4 INTERPHONE Study における既刊の国別研究の結果のまとめ

耳下腺腫							
国	年齢	診断年	症例/対照	OR(95%CI)/症例数 定常的使用	OR(95%CI)/症例数 使用開始から 10 年超	OR(95%CI)/症例数 使用開始から 10 年超 腫瘍と同側で使用	OR(95%CI)/症例数 使用開始から 10 年超 腫瘍と逆側で使用
イスラエル Sadetzki 等、2007	18+	2001-2003	全体 460/1266 良性 402/1072 悪性 58/294	全体 0.87(0.68-1.13)/285 良性 0.85(0.64-1.12)/252 悪性 1.06(0.54-2.10)33	全体 0.86(0.42-1.77)/13 全体 (定常的使用に限定) 1.45(0.82-2.57)/13	全体 1.60(0.68-3.72)/10 良性 1.97(0.81-4.85)/10	全体 0.58(0.15-2.32)/3
スウェーデン、デンマーク Lonn 等、2006	20-69	2000-2002	良性 112/321 悪性 60/681	良性 0.9(0.5-1.5)/77 悪性 0.7(0.4-1.3)25	良性 1.4(0.5-3.9)/7 悪性 0.4(0.1-2.6)2	良性 2.6(0.9-7.9)/6 悪性 0.7(0.1-5.7)1	良性 0.3(0.0-2.3)/1 悪性 --/0

## 1.2 放送局周辺での小児白血病

Merzenich 等[61]は、旧西独地域の高出力ラジオ/TV 放送局（実効放射電力（ERP）：200kW 以上（AM/FM）または 500kW 以上（TV））の周辺における小児白血病のリスクについての大規模症例対照研究（症例 1,959 人/対照 5,848 人）を実施した。この結果、白血病全体についても（OR=0.86、95%CI:0.67-1.11）、また AM 放送局（OR=0.89、95%CI:0.69-1.15）と FM/TV 放送局（OR=0.92、95%CI:0.71~1.19）を個別に分析した場合にも、白血病のリスク上昇は認められなかった。

## 1.3 その他の疫学研究

- (1) Baste 等[8]は、ノルウェー海軍に勤務する男性 10,497 人（20~62 歳）を対象に、RF への職業ばく露と生殖保健との関連についての横断研究を実施した。被験者には、有機溶剤・塗料、溶接・溶断、RF への職業ばく露、及び生殖保健（不妊、子供の性比）に関するアンケートに回答を求めた。この結果、RF アンテナから 10m 以内での作業の度合いが高い男性は、そうでない男性と比較して、有意な不妊リスクの上昇が認められた（OR=1.86、95%CI:1.46-2.37）。また、ばく露レベルの増加に伴う男児出産の OR の有意な減少傾向が認められた（アンテナから 10m 以内でのばく露レベルが非常に高いグループ：OR=0.84、95%CI:0.74-0.94；無線機器から 3m 以内でのばく露レベルが非常に高いグループ：OR=0.87、95%CI:0.77-0.98）。
- (2) Mollerlokken 等[63]は、ノルウェー海軍に勤務する男性 1,487 人を対象に、RF への職業ばく露と生殖保健との関連についての横断研究を実施した。被験者には、自身が携わったことのある業務（18 種類から選択）、及び生殖保健（不妊、先天性異常、早産、流産、死産）に関するアンケートに回答を求めた。専門家グループがこの業務を 4 段階のカテゴリー（1：その他、2：通信、3：電子機器、4：レーダー/ソナーに関する作業）に分類し、カテゴリー2~4 をばく露群とした。この結果、不妊のリスク上昇が、通信（罹患率 14.8%、OR=1.72、95%CI:1.04-2.85）及びレーダー/ソナー（罹患率 17.5%、OR=2.28、95%CI:1.27-4.09）業務について認められた。染色体異常、先天性異常、早産、流産、死産のリスク上昇は認められなかった。
- (3) Thomas 等[84]は、バイエルン州（ドイツ）の 4 つの都市から無作為抽出した 329 人の成人男女（18~65 歳）を対象に、携帯電話端末（GSM900/1800、UMTS）の RF ばく露と安寧（頭痛、耳鳴り等の神経学的症状、頻脈等の心血管系症状、集中力欠如、疲労感、睡眠障害）についての横断研究を実施した。個人用ドシメータを用いて、被験者

のばく露を 24 時間測定（測定間隔 1 秒、検出限界 0.05V/m）し、ICNIRP ガイドラインの参考レベルに対する比率（0.13～0.56%）の四分位値でカテゴリー分類した。被験者には、測定前の過去 6 か月における慢性疾患に関するアンケート、及び測定中の急性疾患に関する問診に回答を求めた。この結果、ばく露と慢性疾患または急性疾患との間に有意な関連は認められなかった。

- (4) Divan 等[15]は、13,159 人の子供の母親を対象に、電話聞き取り調査に基づく妊娠中の携帯電話端末の使用、及び子供の幼児期の携帯電話端末の使用と、アンケート調査に基づく子供の行動学的問題（全体的な行動学的問題、情緒障害、遂行障害、多動性、子供同士の関係構築における障害）との関連を調べた。この結果、妊娠中及び幼児期における携帯電話端末使用と、子供の行動学的問題との間に有意な関連が認められた（妊娠中の使用：OR=1.54、95%CI:1.32-1.81；幼児期の使用：OR=1.18、95%CI:1.01-1.38）。但し Divan 等は、観察された関連性が因果関係であるとは限らないこと、この関連性を説明する生物学的メカニズムは不明であること、測定されていない行動学的問題に関する原因による交絡がこの結果を生じた可能性があることを指摘している。

なお、Divan 等の論文に対し、Linnet[56]は、「この予想外の結果の再現を、独立したセッティングで追及する必要がある」とコメントしている。

また Savitz[76]は、「このような結果の公表は、たとえ著者らが慎重な解釈を示しているとしても、過剰反応を生じるリスクがある」とコメントしている。

Divan 等の論文の共著者である Kheifets 等[44]は、Savitz のコメントに対し、「科学における進歩は、科学界が考えや研究結果を共有し、議論する際に得られるものである。この過程には議論や強い不同意が生じるが、健全で開かれた議論はこの過程に必要なものであり、選択的な報告によって建設的な議論を避けるべきではない」と反論している。

## 2. ヒト実験室研究

ヒト実験室研究に関する文献 19 編のうち、電磁過敏症（EHS）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 12 編、その他の影響を扱った文献が 2 編であった。

### 2.1 電磁過敏症

- (1) Augner 等[4]は、稼働中の GSM 携帯電話基地局の RF へのばく露が、主観的な安寧に検出可能な差異を生じるかどうか、また、不安や懸念、ストレスによる nocebo 効果<sup>1</sup>と症状との間に関連が認められるかどうかを調べるため、無作為抽出した 57 人（男性 22 人／女性 35 人、電磁過敏症の人々の積極的な採用も排除もせず）を対象に、900MHz GSM 携帯電話 RF の間欠的な全身ばく露（5 分間隔で 50 分間×5 回、電力密度=5.2、153.6、2126.8 $\mu$ W/m<sup>2</sup>）を行った。この結果、中または高レベル RF ばく露群は、低レベル RF ばく露群と比較して、有意に落ち着いていた。RF 強度と「良い気分」または「警戒感」のパラメータとの間に有意差は認められなかった。自称電磁過敏症の罹患率は低く、心理的ストレスを示すどの因子とも相関は見られなかった。
- (2) Cinel 等[10]は、エセックス大学（英）の学生及び職員 496 人（男性 166 人／女性 330 人、23 $\pm$ 4.4 歳）を対象に、連続波または GSM 携帯電話の 888MHz RF の側頭部への連続的な局所ばく露（平均 SAR=1.4W/kg、40 分間）による各種の自覚症状（頭痛、目眩、疲労感、皮膚のヒリヒリ感、皮膚の温感）への影響を調べた。この結果、一部の被験者において、統計的に有意な目眩（めまい）の症状悪化が認められたが、全ての被験者を合わせて分析すると、この症状悪化は有意ではなくなった。また、その他の症状については有意な影響は認められなかった。
- (3) Furubayashi 等[24]は、W-CDMA 携帯電話基地局の 2.14GHz RF による短期的な全身ばく露の影響を調べるため、無作為抽出した女性 5,000 人（20～60 歳）に送付した調査票の回答者から採用した、携帯電話関連症状（MPRS）を呈する被験者 11 人及び非 MPRS 被験者 43 人を対象に、二重マスキング・クロスオーバー条件の誘発研究を実施した。RF ばく露条件は、連続ばく露または 5 分ごとにオン／オフの間欠ばく露（いずれも頭部における電界強度実効値=10V/m、電力密度実効値=0.265W/cm<sup>2</sup>、脳平均 SAR=0.0013W/kg、全身平均 SAR=0.0015W/kg）、騒音ばく露を伴う偽ばく露、騒音を伴わない偽ばく露（各 30 分）とした。この結果、MPRS 群は非 MPRS 群と比較して、

---

<sup>1</sup> 被験者の悪い予感により、有害、不快または望まない影響が生じること。Placebo 効果の反語。

RF ばく露を感知する能力に差異は認められなかった。MPRS 群には、ばく露の実際のオン／オフにかかわらず、不快感や悪い気分が有意に強いことが認められた。心理学、認識、自律神経機能のいずれの指標についても、MPRS 群と非 MPRS 群のばく露または偽ばく露への反応に差異は認められなかった。

(4) Hillert 等[28]は、71 人の被験者（18～45 歳、うち 38 人は携帯電話使用に関連した頭痛や目眩を訴える症例群、33 人は身体的症状のない対照群）を対象に、GSM 携帯電話の 884MHz RF の側頭部への連続的な局所ばく露（脳平均 SAR=1.4W/kg、3 時間）が、自己申告による症状（頭痛、目眩等）に及ぼす急性影響を生じるかどうか、また、被験者がばく露状態を正確に感知できるかどうかを、二重マスキング条件で調べた。この結果、頭痛は偽ばく露後よりも RF ばく露後に多く報告されたが、これは主に対照群によるものであった。症例と対照のいずれの群においても、ばく露状態を偶然よりも高い確率で正確に感知することはできなかった。

(5) Riddervold 等[71]は、40 人の若齢者（15～16 歳）及び 40 人の成人（25～40 歳）を対象に、連続波または UMTS 携帯電話基地局の 2140MHz RF の全身ばく露（いずれも電界強度の最大値 2.2V/m、45 分間）による、認識課題遂行能力及び自己申告による自覚症状への影響を調べた。この結果、若齢者及び成人のいずれについても、UMTS RF ばく露による影響は認められなかった。若齢者と成人のデータを統合して分析した結果、頭痛の度合いの増強が認められたが、これはベースラインの差によるものであろうとされた。

## 2.2 脳機能・認識への影響

(1) Bamiou 等[6]は、携帯電話端末の長時間使用後に各種の症状を訴える症例 9 人及び健康な対照 21 人について、二重マスキング条件で実験を実施した。各被験者の左右どちらかの耳にダミーの携帯電話ばく露システムを保持し、a) パルス波、b) 連続波、c) RF を照射しない試験モードに 30 分間ばく露させた。パルス波または連続波モードでは、882MHz、SAR=1.3W/kg、典型的な端末の出力として同一の平均出力で照射した。実験 1（聴覚）では、内耳の外毛細胞を評価する過渡的誘発耳音響放射（TEOAE）を実施した。実験 2（前庭）では、前庭動眼反射（VOR）の基準値及びばく露直後の値を眼球運動画像記録装置（VOG）で記録した。この結果、いずれのばく露についても、基準値からばく露後の TEOAE の有意な変化はなく、基準値からばく露後の TEOAE の変化について症例と対照の間に有意差は認められなかった。

- (2) Croft 等[11]は、健康な被験者 120 人について、GSM 携帯電話端末の 895MHz RF の側頭部への局所ばく露（頬骨での SAR 最大値=0.674W/kg、側頭葉での最大 SAR=0.11W/kg、30 分間）または偽ばく露（30 分間）を、二重マスキング・カウンターバランス・クロスオーバー条件で 1 週間あけて実施し、ばく露／偽ばく露中及びばく露／偽ばく露後の休息時アルファ波（8～12Hz）の脳電図データを記録した。この結果、RF ばく露中のアルファ波の全体的な増強が以前の報告と同様に認められ、その影響は後頭部全体に及び、携帯電話端末を保持する側で強かった。ばく露終了後にはアルファ波の全体的な変化は認められなかったが、携帯電話端末を保持するのと反対側でのアルファ波の低下が認められた。
- (3) Curcio 等[12]は、被験者 24 人について、GSM 携帯電話の 902.4MHz RF のばく露（SAR=0.5W/kg、15 分間オン／10 分間オフ）を 3 回反復し、音響的単純反応時間課題（SRTT）及び順次的フィンガータッピング課題（SFTT）を課した。この結果、ヒトの神経運動機能への蓄積作用は認められなかったが、統計的に有意ではない反応時間の短縮傾向が認められた。
- (4) Djeridane 等[16]は、GSM 携帯電話端末の 900MHz RF の側頭部への局所ばく露（SAR=約 0.3W/kg、2 時間／日、5 日／週、4 週）による、健康な男性ボランティア被験者（男性 20 人、20～32 歳）のステロイド（コルチソル及びテストステロン）ならびに下垂体（甲状腺刺激ホルモン、成長ホルモン、プロラクチン、副腎皮質刺激ホルモン）のホルモンレベルへの影響を調べた。この結果、RF ばく露による影響は認められなかった。
- (5) Hinrikus 等[29]は、13 人の健康な被験者を対象に、7、14 または 21Hz の低周波で変調したマイクロ波（450MHz、電力密度 0.16mW/cm<sup>2</sup>、SAR=0.35W/kg、1 分間オン／1 分間オフ、10 分間）の側頭部への局所ばく露が脳電図のリズムに及ぼす影響を、二重マスキング条件で調べた。この結果、14 及び 21Hz 変調波による脳電図のアルファ波（8～13Hz）及びベータ波（15～20Hz）の有意な増強が認められた。7Hz 変調波による脳電図の増強は認められなかった。シータ波（4～6.8Hz）にはいずれの変調波による影響も認められなかった。
- (6) Hinrikus 等[30]は、健康な被験者を対象に、低周波変調マイクロ波（450MHz、頭皮における電力密度 0.16mW/cm<sup>2</sup>、SAR=0.303W/kg、1 分間オン／1 分間オフ、20 分間または 40 分間）の側頭部への局所ばく露が脳電図に及ぼす影響を、二重マスキング・無作為化・クロスオーバー条件で調べた。被験者は、① 7Hz 変調（男性 10 人／女性 9 人、



19～23 歳)、② 14 及び 21Hz 変調 (男性 4 人/女性 9 人、21～30 歳)、③ 40 及び 70Hz 変調 (男性 8 人/女性 7 人、21～24 歳)、④ 217 及び 1,000Hz 変調 (男性 8 人/女性 11 人、21～24 歳) に分類された。この結果、1,000Hz 変調のマイクロ波ばく露を除く全てのグループで、脳電図のベータ波に有意な影響が生じた被験者が同程度の割合で認められ、① 7Hz では 31%、② 14Hz では 31%、21Hz では 23%、③ 40Hz では 20%、70Hz では 13%、④ 217Hz では 16%、1,000Hz では 0%であった。

(7) Kleinlogel 等[45]は、健康な男性被験者 15 人 (20～35 歳) を対象に、携帯電話端末の RF の耳への局所ばく露 (GSM900MHz、SAR=1W/kg、30 分 ; UMTS 1.95GHz、SAR=0.1 または 1.0W/kg、30 分) が、安寧及び休息時の脳電図に及ぼす影響を、二重マスキング・無作為化・クロスオーバー条件で調べた。この結果、GSM または UMTS のいずれについても、ばく露による有意な影響は認められなかった。

(8) Kleinlogel 等[46]は、健康な男性被験者 15 人 (20～35 歳) を対象に、携帯電話の RF の耳への局所ばく露 (GSM 900MHz、SAR=1W/kg、30 分 ; UMTS 1.95GHz、SAR=0.1 または 1.0W/kg、30 分) が、事象関連電位 (視覚誘発電位、聴覚誘発電位) 及び認識課題遂行能力に及ぼす影響を、二重マスキング・無作為化・クロスオーバー条件で調べた。この結果、GSM または UMTS のいずれについても、ばく露による有意な影響は認められなかった。

(9) Kwon 等[50]は、携帯電話の電磁界に対する感受性 (必ずしも症状を伴わない) が存在する可能性を調べるため、健康な成人 84 人 (男性 27 人/女性 57 人、24±6 歳) を対象に、GSM 携帯電話の 902MHz RF の感知に関する課題 (「電磁界がオンになっていましたか?」及び「電磁界が変化しましたか?」、両課題につき 3 条件×100 回、計 600 回) を実施した。成績優秀者には賞金を与えると告知した。この結果、課題遂行能力は偶然よりも高い確率で良好ではなく、被験者は誰も賞金を得られなかった。課題条件のうち 1 つ (「電磁界がオンになっていましたか?」) において傑出した遂行能力を示した被験者が 2 人いたが、彼らは再試験ではこの結果を再現できなかった。予備的質問では携帯電話の電磁界を感知できると申告した被験者が 6 人いたが、彼らの課題遂行能力は他の被験者よりも良好ではなかった。Kwon 等は、本研究は携帯電話の電磁界に対する感受性が存在することの反証を提示するものだとしている。

(10) Luria 等[57]は、健康な右利きの男性被験者 48 人を対象に、GSM 携帯電話端末の 890.2MHz RF の右または左の側頭部への局所ばく露 (SAR=0.54～1.09W/kg、1 時間) が空間作業記憶課題の遂行能力に及ぼす影響を調べた。この結果、左側頭部へのばく露

の際の右手での反応時間が、右側頭部へのばく露または偽ばく露よりも有意に長いことが認められた。左手での反応時間についても同様のパターンが認められたが、有意ではなかった。

(11) Unterlechner 等[86]は、健康なボランティア被験者 40 人（男性 20 人／女性 20 人、年齢 21～30 歳、平均 26.0 歳）を対象に、UMTS 携帯電話端末の 1.97GHz RF の側頭部への局所ばく露がヒトの集中力及び反応時間に及ぼす影響を調べた。高ばく露条件では、脳組織 1g 平均で 0.63W/kg (0.25～1.49W/kg)、10g 平均で 0.37W/kg (0.16～0.84W/kg) であった。低ばく露条件は高ばく露条件の 1/10、偽ばく露は低ばく露条件より少なくとも 50dB 低くした。この結果、UMTS RF ばく露による、集中力及び反応時間への影響は認められなかった。

(12) Wiholm 等[89]は、携帯電話端末使用に関連する何らかの症状（頭痛、目眩、不快感等）を呈する被験者 23 人（男性 9 人／女性 14 人、28.8±7 歳）及び症状を呈さない被験者 19 人（男性 12 人／女性 7 人、29.4±6 歳）を対象に、GSM 携帯電話端末の 884MHz RF の耳への局所ばく露（平均 SAR=1.4W/kg、2.5 時間）が空間記憶課題の遂行能力に及ぼす影響を調べるため、二重マスキング・クロスオーバー条件の誘発研究を実施した。この結果、ばく露後に症状あり群の課題遂行能力の改善が認められたが、症状なし群にはそのような影響は認められなかった。

## 2.3 その他の影響

(1) Johansson 等[40]は、GSM 携帯電話端末の 890MHz RF の側頭部への局所ばく露（SAR=1.0W/kg、30 分）がアトピー性皮膚炎の症例 15 人（男性 8 人／女性 7 人、平均 31 歳）及び対照 15 人に及ぼす影響を調べた。誘発試験（ばく露／偽ばく露）の前後に血液を採取し、サブスタンス P (SP)、腫瘍壊死因子受容体 1 (TNF R1)、脳由来神経栄養因子 (BDNF) の濃度、ベースラインの心拍数及び心拍変動、局所血流、皮膚の電氣的活性を比較した。この結果、症例群と対照群の神経生理学的データに有意差は認められなかった。症例群では対照群よりも、ベースラインにおいて TNF R1 濃度が有意に高く、BDNF 濃度が有意に低いことが認められた。SP については有意差が認められなかった。但し、いずれのパラメータについても、RF ばく露に関する影響は認められなかった。

(2) Karinen 等[42]は、10 人の女性ボランティア被験者（27～65 歳、平均 51 歳）を対象に、GSM 携帯電話端末の 900MHz RF (SAR=1.3W/kg、1 時間) を前腕部に局所ばく露

させ、採取した上皮細胞におけるタンパク質の発現の変化を調べた。この結果、8つのタンパク質が統計的に有意に影響を受けることを見出した。このうち2つのタンパク質については、10人の被験者全員に変化が認められた。

### 3. 動物研究

動物研究に関する文献 12 編のうち、がんを扱った文献が 1 編、遺伝毒性を扱った文献が 1 編、生育能力への影響を扱った文献が 3 編、神経学的影響を扱った文献が 4 編、内分泌系への影響を扱った文献が 1 編、行動学的影響を扱った文献が 1 編、その他の影響を扱った文献が 1 編であった。

#### 3.1 がん

Hruby 等[34]は、GSM 携帯電話の 902MHz RF の全身ばく露（全身平均 SAR=0.4、1.3 または 4W/kg、4 時間/日、5 日/週、6 ヶ月）が、Sprague-Dawley 系統の雌のラットに発がん性物質 DMBA で誘導した乳がん、血液学的パラメータ（赤血球数、ヘモグロビン、ヘマトクリット）、形態学的変化（剖検後の各臓器の質量）に及ぼす影響を調べた。この結果、いずれのレベルのばく露群でも、触診可能な腫瘍が偽ばく露群と比較して有意に多いことが認められた。低ばく露群及び高ばく露群には、悪性新生物を有するラットの数が統計的に有意に多いことが認められた。腺がんは低ばく露群に最も多く認められた。良性新生物の数は、いずれのレベルのばく露群でも有意に少ないことが認められた。ケージ対照群には、偽ばく露群と比較して、触診可能な腫瘍の体積が大きく、良性及び悪性新生物が多いことが認められた。また、悪性新生物の発症率はケージ対照群で最も高いことが認められた。

#### 3.2 遺伝毒性

Paparini 等[68]は、BALB/c/J 系統のマウスに GSM 携帯電話の 1800MHz RF を全身ばく露（全身平均 SAR=1.1W/kg、脳平均 SAR=0.2W/kg、1 時間）させ、脳細胞の遺伝子発現への影響を調べた。この結果、遺伝子発現の変調への有意な影響は認められなかったが、分析上の制約を緩和したところ、ばく露後に 75 の遺伝子における変調が認められ、うち 44 はフォールディングの変化、32 はダウンレギュレーションであった。但し、これらの遺伝子発現の変調はリアルタイム・ポリメラーゼ連鎖反応（RT-PCR）では確認されなかった。

#### 3.3 生育能力への影響

(1) Batellier 等[9]は、鶏卵に GSM 携帯電話の 900MHz RF を抱卵期間を通じてばく露させ、生存率への影響を調べた。この結果、ばく露群とこれに近接する偽ばく露群には、対照群と比較して統計的に有意に高い死亡率が認められた。但し Batellier 等は、この結

果は抱卵初期の頻繁な転卵や垂直配置等の条件が満たされなかったためである可能性を示唆している。

- (2) Ogawa 等[66]は、妊娠している Sprague-Dawley 系統の雌のラットの頭部に、W-CDMA 携帯電話の 1.95GHz RF を局所ばく露（脳平均 SAR=0.67 または 2W/kg、高ばく露群の全身平均 SAR=0.2W/kg、高ばく露群の胚の脳平均 SAR=1.5W/kg、高ばく露群の胚の全身平均 SAR=0.11W/kg、90 分/日、妊娠 7~17 日目）させ、母胎の体重及び胚形成（内蔵及び骨格の異常、性比、生きている胎児の数、死亡した胚の数、胎児の体重）への影響を調べた。この結果、RF ばく露が母胎の体重及び胚形成に及ぼす悪影響は認められなかった。
- (3) Prisco 等[69]は、GSM 携帯電話の 900MHz RF（SAR=2W/kg、2 時間/日、5 日/週、4 週間）をばく露させた C57BL/6 系統のマウスから採取した骨髄細胞を培養して T 細胞及び B リンパ球に分化させ、致死線量のエクソ線（9Gy）を照射してリンパ球を減少させた同種のマウスに注射し、生存率への影響を調べた。この結果、GSM RF ばく露が骨髄前駆細胞のリンパ組織コロニー形成能力、ならびに、機能的に成熟した T 細胞及び B リンパ球への分化能力に及ぼす影響は認められなかった。

### 3.4 神経学的影響

- (1) Ammari 等[3]は、Sprague-Dawley 系統のラットに GSM 携帯電話の 900MHz RF を慢性ばく露（脳平均 SAR=1.5W/kg で 45 分/日、または脳平均 SAR=6W/kg で 15 分/日、5 日/週、24 週）させ、グリア原線維酸性タンパク質（GFAP）の発現を、免疫細胞学的手法を用いて測定した。この結果、SAR=6W/kg でアストログリア細胞の持続的な活性化が生じることが認められた。
- (2) Eberhardt 等[17]は、Fischer 344 系統の雌雄のラットに GSM 携帯電話の 900MHz RF を急性ばく露（実験開始時の全身平均 SAR=0.12、1.2、12 または 120mW/kg、各 8 匹、2 時間）させ、14 日または 28 日間の回復期間後にアルブミン溢出及びニューロンへの取り込み、ニューロンの損傷を評価した。この結果、アルブミン溢出及びニューロンへの取り込みの増加が 14 日後には強まることが認められたが、28 日後には認められなかった。一方、ラットの脳内におけるダーク・ニューロンの発生は、28 日後に強まることが認められた。更に、28 日後の脳サンプルでは、ニューロンへのアルブミンの取り込みは、損傷を受けたニューロンの発生と有意に関連していることが認められた。

(3) Grafstrom 等[25]は、Fischer 344 系統の雌雄のラットに GSM 携帯電話の 900MHz RF を慢性ばく露（実験開始時の全身平均 SAR=0.6mW/kg で 6 匹、60mW/kg で 7 匹、2 時間/週、55 週）させ、ばく露終了の 5~7 週後に行動学的試験を実施した後、脳の組織病理学的影響（アルブミン溢出、ダーク・ニューロン、リポフスチン凝集、細胞骨格及び神経炎性ニューロンの変化の兆候）を調べた。この結果、影響は認められなかった。

(4) Nittby 等[64]は、Fischer 344 系統のラットに GSM 携帯電話の 900MHz RF を慢性ばく露（実験開始時の全身平均 SAR=0.6 または 60mW/kg、各 16 匹、2 時間/週、55 週）させ、ばく露終了の 3~7 週後に行動学的試験を実施し、認識機能への影響を調べた。この結果、オープンフィールド試験による探索的行動への影響は認められなかったが、エピソード記憶試験では、いずれの SAR においても、対象物及び時系列についての記憶障害が認められた。

### 3.5 内分泌系への影響

Lerchl 等[54]は、ジャンガリアン・ハムスターに 383、900 または 1800MHz のパルス RF を慢性ばく露（全身平均 SAR=80mW/kg、連続的に 60 日間）させ、体重及びメラトニンのレベルに及ぼす影響を調べた。この結果、383MHz ばく露群には体重の有意な過渡的増加、900MHz ばく露群には過渡的ではない、より大幅な体重増加が認められた。1800MHz ばく露群には体重への影響は認められなかった。いずれのばく露群にも、松果体及び血清メラトニンのレベル、ならびに、脳、肝臓、腎臓、睾丸の質量への影響は認められなかった。

### 3.6 行動学的影響

Kumar Sinha[48]は、Charles Foster 系統のラットに 2450MHz のマイクロ波を慢性ばく露（電力密度 16.5 $\mu$ W/cm<sup>2</sup>、電界に平行な面における全身平均 SAR=3.6 $\mu$ W/g、磁界に平行な面における全身平均 SAR=0.98 $\mu$ W/g、2 時間/日、最大 21 日間）させ、甲状腺ホルモン、ならびに反応性や感情的行動に及ぼす影響を調べた。この結果、オープンフィールド試験では、16 及び 21 日目のばく露群に、運動性、直立 (rearing)、中央部/周縁部の歩行 (ambulation) の有意な増加が認められた。高架式十字迷路試験では、11、16 及び 21 日目のばく露群に、活動の増加、壁のないアーム上での滞在時間の短縮、中心部での滞在時間の延長が認められた。これらの行動学的変化に伴い、16 及び 21 日目のトリヨードサイロニンのレベル低下、ならびに 21 日目のサイロキシンのレベル上昇が認められた。

### 3.7 その他の影響

Sanchez 等[75]は、GSM 携帯電話の 900/1800MHz RF の局所ばく露（900MHz、平均 SAR=5.8W/kg、2 時間の単一ばく露；900MHz、平均 SAR=2.9 または 5.8W/kg、2 時間／日、5 日／週、12 週間の反復ばく露；1800MHz、平均 SAR=4.8W/kg、2 時間の単一ばく露；1800MHz、平均 SAR=2.4 または 4.8W/kg、2 時間／日、5 日／週、12 週間の反復ばく露）が、雌の hairless ラットの皮膚における熱ショックタンパク質 Hsp25、Hsp70、及び熱ショック同族タンパク質 Hsc70 の発現に及ぼす影響を調べた。この結果、いずれのばく露条件においても、タンパク質の発現に変化は認められなかった。

## 4. 細胞研究

細胞 (in vitro) 研究に関する文献 24 編のうち、遺伝毒性を扱った文献が 8 編 (及び関連するコメントが 2 編)、細胞の生育能力への影響を扱った文献が 4 編、細胞機能への影響を扱った文献が 10 編であった。

### 4.1 遺伝毒性

- (1) Hirose 等[31]は、変調 RF が悪性新生物形成またはその他の細胞のストレス応答に影響を及ぼすという仮説を検証するため、携帯電話基地局からの低レベル RF ばく露に焦点を当てた大規模な in vitro 研究を実施した。マウス胚性線維芽細胞株 BALB/3T3 に 2.1425GHz の W-CDMA RF を連続ばく露 (SAR=80 または 800mW/kg、6 週間) させ、悪性の細胞形成を評価した。加えて、腫瘍のプロモーションを評価するため、3-メチルコラントレン (MCA) で処理した細胞を同様に RF ばく露させた。最後に、MCA と 12-Otetradecanoylphorbol-13-acetate (TPA) によりイニシエートした BALB/3T3 細胞において、RF が腫瘍の共同プロモーションに及ぼす影響を評価した。この結果、非処理、MCA 処理、MCA+TPA 処理のいずれの細胞においても、RF ばく露群と非ばく露群との間に、変性頻度の有意な差は認められなかった。
- (2) Huang 等[35]は、ヒトリンパ芽球 T 細胞に CDMA 携帯電話の 1762.5MHz RF をばく露 (SAR=2 または 10W/kg、1 時間/日、1、2 または 3 日間 ; SAR=10W/kg、1、4 または 24 時間連続) させ、DNA 損傷、DNA 発現、細胞増殖、細胞周期の進展への影響を調べた。この結果、RF ばく露による細胞数、細胞周期の分布、DNA 損傷の有意な変化は認められなかった。24 時間の RF ばく露による、遺伝子発現全体への有意な変化は認められなかったが、10 個の遺伝子の発現に変化が認められた。例えば、2 種類のサイトカイン受容体遺伝子 (ケモカイン受容体 3 (CXCR3)、インターロイキン 1 受容体 II 型 (IL1R2)) には RF ばく露による抑制が認められた。但し、これらは細胞増殖または DNA 損傷応答と直接的には関連していなかった。この結果は、RF ばく露が様々な免疫細胞の走化性に影響しうることを示唆している。
- (3) Huang 等[36]は、不死化マウス聴覚毛細胞 HEI-OC1 に CDMA 携帯電話の 1763MHz RF をばく露 (SAR=20W/kg、24 または 48 時間連続) させ、DNA 損傷、熱ショックタンパク質 (HSP27、HSP70、HSP90) 及び関連遺伝子の発現、細胞の生育能力への影響を調べた。この結果、細胞周期の分布、DNA 損傷、ストレス応答及び遺伝子発現を含む、細胞応答の誘導を示す証拠は認められなかった。



- (4) Manti 等[58]は、UMTS 携帯電話の 1.95GHz RF ばく露 (SAR=0.5 または 2.0W/kg、24 時間) による、4Gy のエックス線で誘導したヒト末梢血リンパ球の染色体異常への影響を調べた。この結果、SAR=2.0W/kg の RF ばく露により、エックス線で誘導した DNA 損傷の修復、または DNA 損傷に対する応答としての細胞死の経路が改変される可能性が認められた。
- (5) Mazor 等[59]は、健康な男性提供者 14 人 (23~39 歳) から採取したヒト末梢血リンパ球に、800MHz の連続波 RF をばく露 (SAR=2.9 または 4.1W/kg、72 時間連続) させ、第 1、第 10、第 11 及び第 17 染色体の異常を調べた。この結果、第 1 及び第 10 染色体には SAR=4.1W/kg で、第 11 及び第 17 染色体には SAR=2.9W/kg で、異数性のレベル上昇が認められた。
- (6) Schrader 等[77]は、835MHz の連続波 RF (電界強度 90V/m、最大 SAR=60mW/kg、0.17、0.5、1 または 2 時間) のばく露が、ヒト - ハムスター・ハイブリッド細胞株 FC2 の分裂中期または後期・終期における紡錘体の攪乱誘導に及ぼす影響を調べた。この結果、0.5~2 時間のばく露により、分裂後期・終期における紡錘体の攪乱 (特に、遅延及び染色体分離) が認められた。
- (7) Schwarz 等[79]は、REFLEX プロジェクトにおいて実施した、ヒトの培養線維芽細胞及びリンパ球への in vitro での GSM 携帯電話からの RF ばく露による遺伝毒性に関する研究を、UMTS 携帯電話の 1,950MHz RF について拡張した。この結果、線維芽細胞にはばく露量及び時間に依存した形で影響が認められた (24 時間ばく露では、SAR=0.05W/kg 以上でコメット・テイルファクター (CTF) 及び小核が有意に増加; SAR=0.1W/kg では、培養の 8 時間後に CTF が、12 時間後には小核が有意に増加)。一方、リンパ球には影響は認められなかった。
- (8) Lerchl[55]は、Schwarz 等の論文に対し、CTF の標準偏差が他の研究における報告よりも非常に低いことや、個々の CTF 間の差は同じ研究グループがこれまでに公表しているデータと大幅に異なることから、当該論文の図表に示されたデータを分析した。この結果、計算間違いや統計的に奇異な点が見つかったとしており、報告されたデータの由来について疑問を生じさせるものであると結論付けている。その後、Schwarz 等が所属する Medical University of Vienna は、Lerchl の指摘を受けて学内の委員会による調査を実施した。この結果、データ捏造が確認されたとして、当該論文の撤回を決定[61]している。

(9) Zeni 等[90]は、UMTS RF がリンパ球の遺伝毒性に及ぼす影響を調べるため、健康な 6 人の被験者から採取した末梢血に、細胞周期の各段階において長時間にわたって UMTS 携帯電話の 1950MHz RF を間欠ばく露 (SAR=2.2W/kg、6 分間オン/2 時間オフ、24~68 時間) させた後に、小核形成、細胞周期動態、DNA 鎖切断を評価した。この結果、遺伝毒性または細胞傷害性作用の誘導は認められなかった。

#### 4.2 細胞の生育能力への影響

(1) Agarwal 等[1]は、GSM 携帯電話の 850MHz RF のばく露 (SAR=1.46W/kg、1 時間) による、健康な提供者 23 人及び不妊患者 9 人から採取した精子への影響を調べた。この結果、ばく露群の精子には、運動性及び生育能力の有意な低下、ならびに活性酸素種レベルの上昇が認められた。

(2) Falzone 等[22]は、健康な被験者 12 人から採取した精子に、GSM 携帯電話の 900MHz RF をばく露 (SAR=2.0 または 5.7W/kg、1 時間) させ、精子の運動性への影響を、運動性の客観的測定及びミトコンドリア膜電位によって評価した。この結果、ミトコンドリア膜電位への影響は認められなかった。SAR=2.0W/kg では、精子の運動性への影響は認められなかったが、5.7W/kg では、精子の速度及び動作への有意な影響が認められた。

(3) Joubert 等[41]は、ラットのニューロン初代培養細胞を 900MHz の連続波 RF にばく露 (SAR=2W/kg、24 時間連続) させ、DNA 断片化及びアポトーシスへの影響を調べた。この結果、RF ばく露群には、偽ばく露群及び熱ショック (37°C または 39°C) 陽性対照群と比較して、統計的に有意に高いアポトーシス発生率が、ばく露の直後及び 24 時間後のどちらにも認められた。カスパーゼ-3 酵素活性の増加は認められなかった。この結果は、ラットのニューロン初代培養細胞の連続波 RF へのばく露により、カスパーゼに依存しないアポトーシス経路を誘導するかも知れないことを示している。

(4) Palumbo 等[67]は、ヒトリンパ芽球 T 細胞及びヒト末梢血リンパ球、GSM 携帯電話の 900MHz RF にばく露 (SAR=1.35W/kg、1 時間連続) させ、アポトーシスへの影響を調べた。この結果、ばく露の 6 時間後に、僅かながら統計的に有意なカスパーゼ-3 活性の上昇が、リンパ芽球 T 細胞及び増殖中の末梢血リンパ球に認められたが、G0 期の末梢血リンパ球には認められなかった。アポトーシス、細胞周期の進展、細胞の生育能力には、RF ばく露後の変化は認められなかった。

### 4.3 細胞機能への影響

- (1) Aly 等[2]は、900MHz RF (0.4V/m) のばく露が、健康な成人から採取したヒト好中球がサイクリックアデノシン 3', 5'-単リン酸 (C-AMP) の濃度勾配に追従する能力に及ぼす影響を調べた。この結果、RF 非ばく露時の好中球の運動速度は、温度を 35°C から 40°C に上昇させると増加し、40°C 以上では減少したが、RF ばく露時には、運動速度は同じ温度で観察されたよりも増加し、最大速度は約 50% 高いことが認められた。運動方向は、非ばく露時における濃度勾配及び電界の向きに従ったものから、RF ばく露時には直角方向に変化することが認められた。
- (2) Dawe 等[14]は、RF ばく露による線虫 *C. elegans* の熱ショックタンパク質 (hsp16-1) プロモータの見かけ上の誘導が、微弱な熱によって説明しうることを示唆する最近の研究で用いた RF は、多くの研究で通常用いられているよりも相当弱かった (SAR=5~40mW/kg) ことから、同じ形質転換 hsp16-1::lacZ 株の *C. elegans* (PC72) に、より高い強度の 1.8GHz RF (SAR=~1.8W/kg) をばく露した。この結果、連続波またはパルス波の RF ばく露 (25°C で 2.5 時間) のいずれによっても、偽ばく露対照のレベルを上回るレポータ発現の誘導は認められなかった。但し、偽ばく露対照において、何らかの未知の共同ストレス因子によりバックグラウンドのレポータ発現が適度に高い条件では、パルス波または連続波 RF ばく露後にレポータ発現が 15% 程度低下しうることを示す証拠が幾つか認められた。
- (3) Franzellitti 等[23]は、ヒト栄養膜細胞 HTR-8/SVneo に、連続波または GSM 携帯電話の 1.8GHz RF 波 (SAR=2W/kg、5 分間オン/10 分間オフを 4、16 または 24 時間) を間欠ばく露させ、熱ショックタンパク質 (HSP70、HSC70) 及び関連する遺伝子発現 (*HSP70-A*、*HSP70-B*、*HSP70-C* 及び *HSC70*)、ならびに細胞の生育能力を調べた。この結果、各群間に細胞の生育能力、HSC70 及び HSP70 タンパク質の発現における有意差は認められなかった。43°C の熱ばく露 (1 時間) 後には、HSP70 タンパク質の有意な過剰発現が認められたが、HSC70 には影響は認められなかった。RF ばく露による *HSP70-A*、*HSP70-B*、*HSP70-C* 転写因子の変化は認められなかった。*HSP70-C* 転写因子のレベルは GSM RF の 24 時間のばく露後に有意に高まり、通話モードの GSM RF の 4 時間及び 16 時間のばく露後には低下した。
- (4) Hoyto 等[32]は、ヒト神経芽細胞 SH-SY5Y 及びマウス線維芽細胞 L929 に、連続波または GSM 携帯電話の 872MHz RF (SAR=5W/kg、1 または 24 時間) をばく露させた。他の因子との複合作用の可能性を調べるため、メナジオン (ビタミン K 剤) を用い

て活性酸素種 (ROS) を誘導し、また tert-butylhydroperoxide (t-BOOH) を用いて脂質の過酸化を誘導した。1 時間または 24 時間のばく露後、細胞のグルタチオン・レベル、脂質の過酸化、増殖、カスパーゼ 3 活性、DNA 断片化、生育能力の低下が認められた。RF ばく露に関連して、t-BOOH で誘導した脂質のリン酸化の増加が SH-SY5Y 細胞で観察されたが、L929 細胞では認められなかった。また、メナジオンで誘導したカスパーゼ 3 活性の増加が L929 細胞で観察されたが、SH-SY5Y 細胞では認められなかった。これらの差は共に、GSM 変調 RF に対してのみ統計的に有意であった。その他のエンドポイントは、いずれの実験条件でも統計的に有意な影響を受けず、また RF の単独ばく露では影響は何ら認められなかった。

- (5) Hoyto 等[33]は前述以外にもうひとつ報告している。彼らは、マウス線維芽細胞 L929 に、連続波または GSM 携帯電話の 872MHz RF をばく露 (SAR=5W/kg、1 または 24 時間) させ、オルニチンデカルボキシラーゼ (ODC) の活性、細胞増殖、カスパーゼ-3 の活性への影響を調べた。細胞の状態は、①比較対照、②RF ばく露、③活性化、④栄養欠乏、⑤活性化+RF ばく露、⑥栄養欠乏+RF ばく露とした。この結果、連続波または GSM RF のいずれのばく露によっても、影響は認められなかった。
- (6) Korenstein-Ilan 等[47]は、分裂中のリンパ球に連続波 (CW) の 0.1THz 放射 (0.031mW/cm<sup>2</sup>) を 1、2、24 時間照射し、第 1、第 10、第 11、第 17 染色体の数の変化、及びセントロメア複製のタイミングの変化を、分裂間期の蛍光 in situ ハイブリダイゼーション (FISH) を用いて調べた。この結果、第 11 及び第 17 染色体が最も脆弱であった (2 時間及び 24 時間のばく露後に異数性が 30%上昇) が、第 1 及び第 10 染色体には影響はなかった。2 時間のばく露後には第 11、第 17 及び第 1 染色体のセントロメア (40%)、24 時間のばく露後には全てのセントロメア (50%) に、非対称モードの複製における変化が認められた。
- (7) Lee JJ 等[52]は、CDMA 携帯電話の 849MHz RF ばく露 (SAR=2 または 10W/kg、1 時間 ; SAR=2 または 10W/kg、1 時間/日、3 日間) が、マウス線維芽細胞 NIH3T3 の細胞周期分布及び細胞機能 (浸潤及び移動) に及ぼす影響を調べた。この結果、いずれの SAR においても、検出可能な影響は認められなかった。
- (8) Lee KS 等[53]は、携帯電話の 835MHz RF (SAR=1.6 または 0.4W/kg、6~36 時間) の連続ばく露が、ショウジョウバエのアポトーシス遺伝子 (*p53*) 及び抗アポトーシスマーカー遺伝子 (*Bcl-2*) の発現、ストレス応答 (活性酸素種 (ROS) レベル、シグナル

伝達経路酵素 JNK 及び ERK の活性化)、細胞の生育能力に及ぼす影響を調べた。この結果、SAR=1.6W/kg では、ばく露 30 時間目でも 90%以上が生育能力を有していたが、4.0W/kg では 12 時間目から低下が認められ、30 時間目における生存率は 10%であった。ばく露の時間とレベルの増加に伴い、細胞内 ROS レベルの有意な上昇が認められた。ばく露によって ERK 及び JNK シグナル伝達経路が活性化されたが、p38 キナーゼ経路は活性化されなかった。1.6W/kg では主に ERK 経路と抗アポトーシス遺伝子発現の活性化が認められたが、4.0W/kg では JNK 経路とアポトーシス遺伝子発現の強力な活性化が認められた。また 4.0W/kg では、脳におけるアポトーシス細胞の増加が認められた。

(9) Rao 等[70]は、700~1,100MHz RF ばく露がマウスの胚性幹細胞株由来のニューロン細胞における  $Ca^{2+}$  動態に及ぼす影響の変化をリアルタイムで調べ、細胞質ゾル内の  $Ca^{2+}$  の増加を観察した。この結果、RF (SAR 0.5, 1.61, 5.0W/kg、1 時間) のばく露された細胞では、非ばく露細胞に比べて  $Ca^{2+}$  スパイクの回数が有意に増加することが認められた。

(10) Valbonesi 等[87]は、ヒト栄養膜細胞株に GSM 携帯電話の 1,817MHz RF をばく露 (SAR=2W/kg、1 時間) させた後、熱ショックタンパク質 (HSP70、HSC70) 及び関連する遺伝子発現 (*HSP70-A*、*HSP70-B*、*HSP70-C*)、ならびに DNA 損傷応答を評価した。この結果、全体としては、当該 RF ばく露がストレス応答または原発性 DNA 損傷を誘発することを示す証拠は認められなかった。

## 5. その他の研究

前節までの分類に含まれない文献 12 編のうち、RF ばく露とがんに関するレビューが 5 編、RF ばく露とがん以外の健康影響に関するレビューが 4 編、RF ばく露の生物学的影響に関する研究へのコメント及びこれに対する反論が 2 編、RF ばく露の生物学的影響に関する *in vitro* 研究のレビューが 1 編であった。

### 5.1 RF ばく露とがん

- (1) Hardell 等[26]は、携帯電話端末の長期的使用と脳腫瘍のリスクに関する、既刊の症例対照研究のメタ分析を実施した。この結果、10 年以上の期間について、携帯電話端末使用と同側での神経膠腫及び聴神経腫との間に一貫したリスク上昇が認められた（神経膠腫：OR=2.0、95%CI:1.2-3.4；聴神経腫：OR=2.4、95%CI:1.1-5.3）。髄膜腫については、リスク上昇は認められなかった（OR=1.7、95%CI:0.99-3.1）。
- (2) Kundi[49]は、携帯電話端末使用の健康影響に関する 33 編の疫学研究文献のレビューを実施した。脳腫瘍に関する 25 編のデータを統合したところ、神経膠腫、聴神経腫及び髄膜腫に関する OR（及び 95%CI）は、それぞれ 1.5（1.2-1.8）、1.3（0.95-1.9）及び 1.1（0.8-1.4）であった。手法上の考察から、疫学研究においてリスク上昇を特定するための以下の重要な条件が満たされていなかった（証拠に基づくばく露の尺度が利用できなかった、観察された携帯電話端末の使用期間は全体として依然短かった、病因論的仮説が欠如しているため、様々なタイプの悪性新生物形成の中から証拠に基づくエンドポイントの選択ができなかった）と指摘している。リスク推定値に関しては、選択バイアス、誤分類のバイアス、疾病が携帯電話使用に及ぼす影響は、推定値を低下させる可能性があるが、記憶想起バイアスは偽のリスク上昇につながっていたかも知れないとしたうえで、全体的な証拠はリスク上昇に肯定的であるが、長期使用に関する情報不足のため、その程度は現時点では評価できないと結論付けている。
- (3) O'Keefe[65]は、「携帯電話端末及びその他の類似技術は脳腫瘍のリスクを上昇させる」という「神話」に対する回答として、「現時点では、携帯電話端末及びこれと同様の技術の利用に伴う脳腫瘍リスクの上昇についての決定的な証明は存在しない」という見解を示した。
- (4) Kheifets 等[43]は、電磁界と小児白血病との関連についての疫学研究における主な難点は、高ばく露症例が少なく、過去のばく露評価が必要な点であるという認識から、バイアスを最小にし、関連性の検出能力を最大にするようなデザインの研究だけが、我々

の理解に寄与する潜在的な能力を有するとして、新たなアプローチの必要性を指摘した。RFに関しては、技術の急激な変化と、その利用の指数関数的増加から、ばく露評価がますます困難で急を要するものになっているものの、居住環境におけるばく露評価手法は依然として未熟であるとしている。

- (5) Stewart[81]は、特定の状況における環境因子のばく露による発がんリスクを表わすため、環境因子の発がん性と、その因子のばく露状況を定性的に分類し、これらを組み合わせることを提案した。この提案では、「携帯電話端末から生じるハザード」は、「長期使用のがんリスクが未確立」であることから、5段階ある分類のうち下から2番目の「発がんに関する結果が生じるかどうか不明」と分類している。

## 5.2 RF ばく露とがん以外の健康影響

- (1) Barth 等[7]は、GSM 携帯電話の RF の急性ばく露による認識機能への影響について、関連する 10 編の論文のメタ分析を実施した。この結果、ヒトの集中力及び作業記憶は、GSM 携帯電話の RF ばく露により控えめに影響を受ける可能性があることが示された。但し、後者の結果は通常の科学的な量-反応相関のパターンでは説明できないので、慎重に判断すべきであり、また、いずれの影響も非常に小さいので、日常生活における意味合いは事実上排除できるとしている。
- (2) Jauchem[39]は、RF ばく露がヒトの心血管系、生殖、免疫等に及ぼす可能性のある影響を扱った 1998 年中盤～2006 年初頭に刊行された文献のレビューを実施した。この結果、RF ばく露と健康への悪影響との一貫した強い関連性は認められず、また、個々の疾患または状態に関連する変化の大多数は小さく、有意ではないことが認められた。
- (3) Rööslil[72]は、日常的な RF ばく露が症状を誘発するかどうか、また、ICNIRP ガイドライン以下の低レベルの RF を感知できる人々がいるかどうかについて、2007 年 8 月以前に公表された査読付文献をレビューした。この結果、低レベル RF を感知できると主張する人々のうち大多数は、二重マスクング条件下では感知できないことが認められた。このため、短期的な低レベル RF ばく露が電磁過敏症の人々や他の人々に不特定の症状を誘発するという証拠はないと結論付けた。
- (4) Schrottner 等[78]は、オーストリア国民の一般公衆を対象に、同国における電磁界に関連する懸念、及び電磁過敏症 (EHS) の蔓延に関する調査を実施し、1994 年の調査結果と比較した。この結果、EHS の罹患率は、1994 年における推定値 2%に対し、本研究では 3.5%であった。調査対象の約 70%が電磁汚染は健康に対するリスク因子であると

信じており、30%以上が携帯電話基地局または電力線の近くでの安寧についてある程度懸念していると答えた。特定の情報を求めて活動しているのは僅か10%であった。症例の24%で、メディアがEHS仮説の引き金となっていた。

(5) Balzano 等[5]は、「携帯電話のRFはエネルギーが低くとも、正常な生理学的機能に影響を及ぼしうる」と結論付けたValentini等(2007)のレビューについて、当該レビューで参照された事件結果は独立した再現や確認がなされていないこと、ばく露群と対照群との間に認められた差は正常な変動の範囲内であること、RF搬送波の低周波変調成分がニューロンに検出され、その活性に影響が生じるという主張の根拠をValentini等は明らかにしていないこと、等を指摘した。

(6) Curcio 等[13]は、Balzano 等のコメントに対し、再現がなされていないことは生物学的影響がないことの証明ではない、と反論している。

### 5.3 RFばく露の生物学的影響

Vijayalaxmi 等[88]は、RFにばく露された細胞における遺伝毒性の定量的推定値を得るため、1990～2005年に報告された63編の文献データのメタ分析を実施した。この結果、RFにばく露された細胞における染色体異常及び小核形成の平均指数は、過去のデータベースで報告されている自然発生レベルの範囲内であることが認められた。



## II 国際機関・各国専門機関の報告書

- (1) 国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) は、「新たな電磁界放射技術に関する声明」[39]を公表した。ICNIRP は、この声明の目的を、「職場や日常生活における非電離放射線 (NIR) へのばく露レベルの増加につながる可能性のある開発中、まもなく採用される予定、または最近採用された新技術の一覧をまとめ、その安全性と健康面での意味合いを判定するための更なる研究の必要性を評価することである」としている。この声明の要旨抄訳を参考資料 1 として添付した。
- (2) フランス保健・青年・スポーツ文化省は 2008 年 1 月、「携帯電話：健康と安全」と題する声明[61]を公表した。この声明は、「現時点では、携帯電話端末の使用が成人や子供の健康に対して有意なリスクを生じることが示す科学的証拠はないという、各国及び国際的な専門家の結論を認識している」とする一方、「携帯電話端末の多頻度・長期的使用に関連する僅かな健康影響のリスクの存在について確たる結論を下すことはできない」ことから、「特に子供については、携帯電話端末の使用を適度にする」、「子供向けにはこれらの機器を慎重に購入・使用すること」を推奨している。この声明の和訳を参考資料 2 として添付した。
- (3) スウェーデン放射線防護庁 (SSI) の「電磁界に関する独立専門家委員会 (IEG)」は 2008 年 3 月、「電磁界と健康リスクに関する最近の研究：IEG の第 5 回年次報告 (2007 年版)」[82]を公表した。この報告書は、RF、超低周波 (ELF)、中間周波 (IF) の電磁界の健康影響に関するドシメトリ、細胞研究、動物研究、ヒト実験室研究、疫学研究の各分野について、前回の年次報告 (2007 年 3 月公表) 以降に発表された主な研究結果をまとめたものである。この報告書の要旨抄訳を参考資料 3 として添付した。
- (4) ロシア非電離放射線防護委員会 (RNCNIRP) は 2008 年 4 月、「子供と携帯電話：次世代の健康が危険に曝されている」と題する声明[70]を公表した。この見解では、以下のような主張が述べられている。
  - RNCNIRP 委員らは、携帯電話システムの電磁界の影響から子供の健康を守ることは、極めて緊急性が高いと強調している。我々は政府当局に対し、この来るべき脅威に対して社会全体が最大限の注意を払い、将来の世代の健康に対する悪影響を防護するための適切な措置を講じるよう訴える。
  - 携帯電話を使用する子供は、自分の脳と健康を電磁界放射に曝しているということを実感できない。我々は、このリスクはタバコやアルコールが子供の健康に及

ばすリスクよりもずっと低いものではないと確信している。不作為によって子供の健康を危険に曝さないようにするのは、我々の専門家としての義務である。

この声明の和訳を参考資料 4 として添付した。

(5) カナダ・オンタリオ州トロント市の公衆衛生局は 2008 年 5 月、子供の携帯電話使用に関するファクトシート[85]を公表した。この文書は、子供の携帯電話使用による健康影響についての知識が現時点では欠如していることを理由に、「可能な限り固定電話を使うこと」「携帯電話使用はどうしても必要な場合に制限すること」「携帯電話での通話時間を可能な限り短くすること」「ハンズフリー装置等を使ってばく露を減らすこと」を勧告している。このファクトシートの和訳を参考資料 5 として添付した。

(6) オランダ保健審議会（HCN）の電磁界委員会は 2008 年 9 月、同国住宅・国土計画・環境省（VROM）の要請により実施した、「BioInitiative 報告」に対する評価結果をまとめた報告書[27]を公表した。この報告書は以下のように結論付けている。

- 本委員会は、BioInitiative 報告の編纂方法、科学的データの選択的利用、及び上述したその他の欠点を考慮して、同報告は現時点の科学的知識を公平でバランスよく反映したものではないとの結論に達した。ゆえに同報告は、電磁界ばく露のリスクに関する現行の見解を見直すための何らかの根拠を提示するものではない。
- BioInitiative 報告は、電磁界が生体系に及ぼすいかなる影響も無視すべきではないと論じており、影響とダメージの違いを無視している。以前の報告書に明記しているように、本委員会はこのアプローチに同意しない。

この報告書の要旨抄訳を参考資料 6 として添付した。

(7) 欧州連合（EU）の第 6 次研究枠組みプログラム（FP6）の下で実施されている、「電磁界ばく露の影響：科学から公衆衛生、より安全な職場へ（EMF-NET）」は 2008 年、以下の調査報告書を公表した。

- がんに関連するプロジェクトの報告（バイオアッセイ、形質転換研究、プロモーション研究）[18]
- がんに関連する細胞及び分子レベルのプロジェクトの報告（遺伝毒性、細胞分化、アポトーシス、遺伝子発現、その他）[19]
- 免疫機能及び内分泌系への影響[20]
- 血液脳関門、聴覚系、行動、心臓血管系、神経系への影響に関連する実験研究及びプロジェクトの報告[21]

これらの報告書は、国際がん研究機関（IARC）の発がん性分類に類似した、4 段階の分

類（証拠は充分、限定的、不充分、影響がないことを示唆）を用いて評価を実施した結果、いずれのエンドポイントについても、低レベルの RF ばく露による悪影響を示す証拠は不十分あるいは限定的であり、影響がないことを示唆する証拠が認められるものもあると結論付けている。これらの報告書の要旨抄訳を参考資料 7 として添付した。

(8) 欧州委員会の新興及び新規に同定された健康リスクに関する科学委員会 (SCENIHR) は 2009 年 1 月、「電磁界ばく露の健康影響」と題する提言[80]を公表した。この提言の目的は、「2007 年 3 月の SCENIHR の提言を、新たに入手可能になった情報に照らして改訂し、最高品質のリスク評価を確実にする上での入手可能な科学的証拠の評価のため、手法上の枠組み及び対応するガイドラインを提示すること」とされている。RF については以下のように結論付けている。

- RF ばく露がヒトにおけるがんの増加につながることはなさそうである。但し、携帯電話への相当期間（10 年超）のばく露ががんリスクを生じるかどうかを確認するためには、更なる研究が必要である。
- RF 界が自覚症状に及ぼす影響について、科学的研究の支持は得られていないという結論は不変である。
- 最近の研究では、RF 界がヒトや動物の生殖及び発育に及ぼす影響は示されていない。新たなデータからは、ヒトの健康に関するその他の影響は何ら示されていない。
- リスク評価の観点からは、子供に生じうる RF 界の影響についての情報は限定的であると認識することが重要である。
- 本報告で考察した疾病以外については情報が不足している。

この報告書の要旨抄訳を参考資料 8 として添付した。

### 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、携帯電話端末が普及して未だ 10 数年であり、長期使用に伴う健康影響については、IARC が今年取り纏め報告を発売すると思われるので、その結果を重視する必要がある。さらには、子供の携帯電話端末使用に伴う健康リスクの仮説も、これまでのところこれを裏付ける証拠は確認されていない。

今後の研究課題は、基本的には、前年度の報告書で紹介した、WHO が 2006 年に提唱した研究課題を優先的に考慮すべきである。その後、添付の資料に示す如く、これまでに複数の政府あるいはそれに準ずる機関から、電波の健康影響についてのレビューを行い、その報告書の中でも一部今後取り組むべき研究課題について触れている。

WHO は来年度にも 2006 年に提唱した研究課題の見直しを計画しているので、これまで WHO が提唱してきた研究課題と共に、今後の WHO の動きを注視する必要がある。

## IV 参考文献

- [1] Agarwal A, Desai NR, Makker K, Varghese A, Mouradi R, Sabanegh E, Sharma R. Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro pilot study. *Fertil Steril* 2008 (in press).
- [2] Aly AA, Cheema MI, Tambawala M, Laterza R, Zhou E, Rathnabharathi K, Barnes FS. Effects of 900-MHz radio frequencies on the chemotaxis of human neutrophils in vitro. *IEEE Trans Biomed Eng* 2008; 55(2): 795-797.
- [3] Ammari M, Brillaud E, Gamez C, Lecomte A, Sakly M, Abdelmelek H, de Seze R. Effect of a chronic GSM 900MHz exposure on glia in the rat brain. *Biomed Pharmacother* 2008; 62(4): 273-281.
- [4] Augner C, Florian M, Pauser G, Oberfeld G, Hacker GW. GSM base stations: short-term effects on well-being. *Bioelectromagnetics* 2008 (in press).
- [5] Balzano Q, Swicord M. Comments on Neurophysiological effects of mobile phone electromagnetic fields on humans: a comprehensive review. *Bioelectromagnetics* 2008; 29 (5): 410.
- [6] Bamiou DE, Ceranic B, Cox R, Watt H, Chadwick P, Luxon LM. Mobile telephone use effects on peripheral audiovestibular function: a case-control study. *Bioelectromagnetics* 2008; 29 (2): 108-117.
- [7] Barth A, Winker R, Ponocny-Seliger E, Mayrhofer W, Ponocny I, Sauter C, Vana N. A meta-analysis for neurobehavioural effects due to electromagnetic field exposure emitted by GSM mobile phones. *Occup Environ Med* 2008; 65(5): 342-346.
- [8] Baste V, Riise T, Moen BE. Radiofrequency electromagnetic fields; male infertility and sex ratio of offspring. *Eur J Epidemiol* 2008; 23(5): 369-377.
- [9] Batellier F, Couty I, Picard D, Brillard JP. Effects of exposing chicken eggs to a cell phone in "call" position over the entire incubation period. *Theriogenology* 2008; 69(6): 737-745.

- [10] Cinel C, Russo R, Boldini A, Fox E. Exposure to mobile phone electromagnetic fields and subjective symptoms: a double-blind study. *Psychosom Med* 2008; 70(3): 345-348.
- [11] Croft RJ, Hamblin DL, Spong J, Wood AW, McKenzie RJ, Stough C. The effect of mobile phone electromagnetic fields on the alpha rhythm of human electroencephalogram. *Bioelectromagnetics* 2008; 29(1): 1-10.
- [12] Curcio G, Valentini E, Moroni F, Ferrara M, De Gennaro L, Bertini M. Psychomotor performance is not influenced by brief repeated exposures to mobile phones. *Bioelectromagnetics* 2008; 29(3): 237-241.
- [13] Curcio G, Valentini E. Responses to Comments by Balzano and Swicord on "Neurophysiological effects of mobile phone electromagnetic fields on humans: a comprehensive review". *Bioelectromagnetics* 2008; 29 (5): 411.
- [14] Dawe AS, Nylund R, Leszczynski D, Kuster N, Reader T, De Pomerai DI. Continuous wave and simulated GSM exposure at 1.8 W/kg and 1.8 GHz do not induce hsp16-1 heat-shock gene expression in *Caenorhabditis elegans*. *Bioelectromagnetics* 2008; 29(2):92-99.
- [15] Divan HA, Kheifets L, Obel C, Olsen J. Prenatal and postnatal exposure to cell phone use and behavioral problems in children. *Epidemiology* 2008; 19(4): 523-529.
- [16] Djeridane Y, Touitou Y, de Seze R. Influence of electromagnetic fields emitted by GSM-900 cellular telephones on the circadian patterns of gonadal, adrenal and pituitary hormones in men. *Radiat Res* 2008; 169(3): 337-343.
- [17] Eberhardt JL, Persson BR, Brun AE, Salford LG, Malmgren LO. Blood-brain barrier permeability and nerve cell damage in rat brain 14 and 28 days after exposure to microwaves from GSM mobile phones. *Electromagn Biol Med* 2008; 27(3): 215-229.
- [18] EMF-NET: Effects of the exposure to electromagnetic fields: From science to public health and safer workplace. WP2.2 Deliverable report D3b. Reports on cancer-related projects (bioassay, transgenic study, promotion study). 2008.

- [19] EMF-NET: Effects of the exposure to electromagnetic fields: From science to public health and safer workplace. WP2.2 Deliverable report D4: Reports on cancer related projects at cellular and molecular level (genotoxicity, cell differentiation, apoptosis, gene expression, etc.). 2008.
- [20] EMF-NET: Effects of the exposure to electromagnetic fields: From science to public health and safer workplace. WP2.2 Deliverable report D5. Effects on immune function and the endocrine system. 2008.
- [21] EMF-NET: Effects of the exposure to electromagnetic fields: From science to public health and safer workplace. WP2.2 Deliverable report D5bis. Reports on laboratory studies and projects related to effects on blood brain barrier, auditory system, behaviour, cardiovascular system and nervous system. 2008.
- [22] Falzone N, Huysen C, Fourie F, Toivo T, Leszczynski D, Franken D. In vitro effect of pulsed 900 MHz GSM radiation on mitochondrial membrane potential and motility of human spermatozoa. *Bioelectromagnetics* 2008; 29(4): 268-276.
- [23] Franzellitti S, Valbonesi P, Contin A, Biondi C, Fabbri E. HSP70 expression in human trophoblast cells exposed to different 1.8 Ghz mobile phone signals. *Radiat Res* 2008; 170(4): 488-497.
- [24] Furubayashi T, Ushiyama A, Terao Y, Mizuno Y, Shirasawa K, Pongpaibool P, Simba AY, Wake K, Nishikawa M, Miyawaki K, Yasuda A, Uchiyama M, Yamashita HK, Masuda H, Hirota S, Takahashi M, Okano T, Inomata-Terada S, Sokejima S, Maruyama E, Watanabe S, Taki M. Effects of short-term W-CDMA mobile phone base station exposure on women with or without mobile phone related symptoms. *Bioelectromagnetics* 2008 (in press).
- [25] Grafstrom G, Nittby H, Brun A, Malmgren L, Persson BR, Salford LG, Eberhardt J. Histopathological examinations of rat brains after long-term exposure to GSM-900 mobile phone radiation. *Brain Res Bull* 2008 (in press).
- [26] Hardell L, Carlberg M, Soderqvist F, Hansson Mild K. Meta-analysis of long-term mobile phone use and the association with brain tumours. *Int J Oncol* 2008; 32(5): 1097-1103.

- [27] Health Council of the Netherlands. Bioinitiative Report. September 2, 2008. <http://www.gr.nl/pdf.php?ID=1743&p=1>
- [28] Hillert L, Akerstedt T, Lowden A, Wiholm C, Kuster N, Ebert S, Boutry C, Moffat SD, Berg M, Arnetz BB. The effects of 884 MHz GSM wireless communication signals on headache and other symptoms: an experimental provocation study. *Bioelectromagnetics* 2008; 29(3): 185-196.
- [29] Hinrikus H, Bachmann M, Lass J, Tomson R, Tuulik V. Effect of 7, 14 and 21 Hz modulated 450 MHz microwave radiation on human electroencephalographic rhythms. *Int J Radiat Biol* 2008; 84(1): 69-79.
- [30] Hinrikus H, Bachmann M, Lass J, Karai D, Tuulik V. Effect of low frequency modulated microwave exposure on human EEG: Individual sensitivity. *Bioelectromagnetics* 2008; 29(7): 527-538.
- [31] Hirose H, Suhara T, Kaji N, Sakuma N, Sekijima M, Nojima T, Miyakoshi J. Mobile phone base station radiation does not affect neoplastic transformation in BALB/3T3 cells. *Bioelectromagnetics* 2008; 29(1): 55-64.
- [32] Hoyto A, Luukkonen J, Juutilainen J, Naarala J. Proliferation, Oxidative Stress and Cell Death in Cells Exposed to 872 MHz Radiofrequency Radiation and Oxidants. *Radiat Res* 2008; 170(2): 235-243.
- [33] Hoyto A, Sokura M, Juutilainen J, Naarala J. Radiofrequency radiation does not significantly affect ornithine decarboxylase activity, proliferation, or caspase-3 activity of fibroblasts in different physiological conditions. *Int J Radiat Biol* 2008; 84(9): 727-733.
- [34] Hruby R, Neubauer G, Kuster N, Frauscher M. Study on potential effects of "902-MHz GSM-type wireless communication signals" on DMBA-induced mammary tumours in Sprague-Dawley rats. *Mutat Res* 2008; 649(1-2): 34-44.
- [35] Huang TQ, Lee MS, Oh E, Zhang BT, Seo JS, Park WY. Molecular responses of Jurkat T-cells to 1763 MHz radiofrequency radiation. *Int J Radiat Biol* 2008; 84(9): 734-741.



- [36] Huang TQ, Lee MS, Oh EH, Kalinec F, Zhang BT, Seo JS, Park WY. Characterization of biological effect of 1763 MHz radiofrequency exposure on auditory hair cells. *Int J Radiat Biol* 2008; 84(11): 909-915.
- [37] International Agency for Research on Cancer. INTERPHONE Study. Results update – 8 October 2008.  
<http://www.iarc.fr/en/content/download/7893/58641/file/INTERPHONEresultsupdate.pdf>
- [38] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. ICNIRP Statement on EMF-emitting new technologies. *Health Physics* 2008; 94(4): 376-392.
- [39] Jauchem JR. Effects of low-level radio-frequency (3kHz to 300GHz) energy on human cardiovascular, reproductive, immune, and other systems: a review of the recent literature. *Int J Hyg Environ Health* 2008; 211(1-2): 1-29.
- [40] Johansson A, Forsgren S, Stenberg B, Wilen J, Kalezic N, Sandstrom M. No effect of mobile phone-like RF exposure on patients with atopic dermatitis. *Bioelectromagnetics* 2008; 29(5): 353-362.
- [41] Joubert V, Bourthoumieu S, Leveque P, Yardin C. Apoptosis is Induced by Radiofrequency Fields through the Caspase-Independent Mitochondrial Pathway in Cortical Neurons. *Radiat Res* 2008; 169(1): 38-45.
- [42] Karinen A, Heinavaara S, Nylund R, Leszczynski D. Mobile phone radiation might alter protein expression in human skin. *BMC Genomics* 2008; 9: 77
- [43] Kheifets L, Oksuzyan S. Exposure assessment and other challenges in non-ionizing radiation studies of childhood leukaemia. *Radiat Prot Dosimetry* 2008; 132(2): 139-147.
- [44] Kheifets L, Olsen J. Should epidemiologists always publish their results? Yes, almost always. *Epidemiology* 2008; 19(4): 532-533.

- [45] Kleinlogel H, Dierks T, Koenig T, Lehmann H, Minder A, Berz R. Effects of weak mobile phone-electromagnetic fields (GSM, UMTS) on well-being and resting EEG. *Bioelectromagnetics* 2008; 29(6): 479-487.
- [46] Kleinlogel H, Dierks T, Koenig T, Lehmann H, Minder A, Berz R. Effects of weak mobile phone-electromagnetic fields (GSM, UMTS) on event related potentials and cognitive functions. *Bioelectromagnetics* 2008; 29(6): 488-497.
- [47] Korenstein-Ilan A, Barbul A, Hasin P, Eliran A, Gover A, Korenstein R. Terahertz Radiation Increases Genomic Instability in Human Lymphocytes. *Radiat Res* 2008; 170(2): 224-234.
- [48] Kumar Sinha R. Chronic non-thermal exposure of modulated 2450 MHz microwave radiation alters thyroid hormones and behavior of male rats. *Int J Radiat Biol* 2008; 84(6): 505-513.
- [49] Kundi M. The Controversy about a Possible Relationship between Mobile Phone Use and Cancer. *Environ Health Perspect* 2008 (in press).
- [50] Kwon MS, Koivisto M, Laine M, Hamalainen H. Perception of the electromagnetic field emitted by a mobile phone. *Bioelectromagnetics* 2008; 29(2): 154-159.
- [51] Lahkola A, Salminen T, Raitanen J, Heinavaara S, Schoemaker MJ, Christensen HC, Feychting M, Johansen C, Klaeboe L, Lonn S, Swerdlow AJ, Tynes T, Auvinen A. Meningioma and mobile phone use--a collaborative case-control study in five North European countries. *Int J Epidemiol* 2008; 37(6): 1304-1313.
- [52] Lee JJ, Kwak HJ, Lee YM, Lee JW, Park MJ, Ko YG, Choi HD, Kim N, Pack JK, Hong SI, Lee JS. Acute radio frequency irradiation does not affect cell cycle, cellular migration, and invasion. *Bioelectromagnetics* 2008; 29(8): 615-625.
- [53] Lee KS, Choi JS, Hong SY, Son TH, Yu K. Mobile phone electromagnetic radiation activates MAPK signaling and regulates viability in *Drosophila*. *Bioelectromagnetics* 2008; 29(5): 371-379.

- [54] Lerchl A, Kruger H, Niehaus M, Streckert JR, Bitz AK, Hansen V. Effects of mobile phone electromagnetic fields at nonthermal SAR values on melatonin and body weight of Djungarian hamsters (*Phodopus sungorus*). *J Pineal Res* 2008; 44(3): 267-272.
- [55] Lerchl A. Comments on "Radiofrequency electromagnetic fields (UMTS, 1,950 MHz) induce genotoxic effects in vitro in human fibroblasts but not in lymphocytes" by Schwarz et al. (*Int Arch Occup Environ Health* 2008; doi: 10.1007/s00420-008-0305-5). *Int Arch Occup Environ Health* 2008 (in press).
- [56] Linet MS. The Search for Environmental Effects on Children's Health: Navigating Between Scylla and Charybdis. *Epidemiology* 2008; 19(4): 530-531.
- [57] Luria R, Eliyahu I, Hareuveny R, Margalioth M, Meiran N. Cognitive effects of radiation emitted by cellular phones: The influence of exposure side and time. *Bioelectromagnetics* 2008 (in press).
- [58] Manti L, Braselmann H, Calabrese ML, Massa R, Pugliese M, Scampoli P, Sicignano G, Grossi G. Effects of Modulated Microwave Radiation at Cellular Telephone Frequency (1.95 GHz) on X-Ray-Induced Chromosome Aberrations in Human Lymphocytes In Vitro. *Radiat Res* 2008; 169(5): 575-583.
- [59] Mazor R, Korenstein-Ilan A, Barbul A, Eshet Y, Shahadi A, Jerby E, Korenstein R. Increased levels of numerical chromosome aberrations after in vitro exposure of human peripheral blood lymphocytes to radiofrequency electromagnetic fields for 72 hours. *Radiat Res* 2008; 169(1): 28-37.
- [60] Medical University of Vienna. Press Release. Prof. Hugo Ruediger withdraws incorrect study about mobile phone radiation. July 29, 2008.
- [61] Merzenich H, Schmiedel S, Bennack S, Bruggemeyer H, Philipp J, Blettner M, Schuz J. Childhood leukemia in relation to radio frequency electromagnetic fields in the vicinity of TV and radio broadcast transmitters. *Am J Epidemiol* 2008; 168(10): 1169-1178.

- [62] Ministère de la Santé, de la Jeunesse et des Sports. Téléphones mobiles: santé et sécurité. Publié le 2 janvier 2008.  
<http://www.sante-jeunesse-sports.gouv.fr/actualite-presse/presse-sante/communiqués/telephones-mobiles-sante-securite.html>
- [63] Mollerlokken OJ, Moen BE. Is fertility reduced among men exposed to radiofrequency fields in the Norwegian Navy? *Bioelectromagnetics* 2008; 29(5): 345-352.
- [64] Nittby H, Grafstrom G, Tian DP, Malmgren L, Brun A, Persson BR, Salford LG, Eberhardt J. Cognitive impairment in rats after long-term exposure to GSM-900 mobile phone radiation. *Bioelectromagnetics* 2008; 29(3): 219-232.
- [65] O'Keefe S. Does the use of cell phones cause brain tumors? *Clin J Oncol Nurs* 2008; 12(4): 671-672.
- [66] Ogawa K, Nabae K, Wang J, Wake K, Watanabe S, Kawabe M, Fujiwara O, Takahashi S, Ichihara T, Tamano S, Shirai T. Effects of gestational exposure to 1.95-GHz W-CDMA signals for IMT-2000 cellular phones: Lack of embryotoxicity and teratogenicity in rats. *Bioelectromagnetics* 2008 (in press).
- [67] Palumbo R, Brescia F, Capasso D, Sannino A, Sarti M, Capri M, Grassilli E, Scarfi MR. Exposure to 900 MHz radiofrequency radiation induces caspase 3 activation in proliferating human lymphocytes. *Radiat Res* 2008; 170(3): 327-334.
- [68] Papparini A, Rossi P, Gianfranceschi G, Brugaletta V, Falsaperla R, De Luca P, Romano Spica V. No evidence of major transcriptional changes in the brain of mice exposed to 1800 MHz GSM signal. *Bioelectromagnetics* 2008; 29(4): 312-323.
- [69] Prisco MG, Nasta F, Rosado MM, Lovisolo GA, Marino C, Pioli C. Effects of GSM-modulated radiofrequency electromagnetic fields on mouse bone marrow cells. *Radiat Res* 2008; 170(6): 803-810.
- [70] Rao VS, Titushkin IA, Moros EG, Pickard WF, Thatte HS, Cho MR. Nonthermal effects of radiofrequency-field exposure on calcium dynamics in stem cell-derived neuronal cells: elucidation of calcium pathways. *Radiat Res* 2008; 169(3): 319-329.

- [71] Riddervold IS, Pedersen GF, Andersen NT, Pedersen AD, Andersen JB, Zachariae R, Molhave L, Sigsgaard T, Kjaergaard SK. Cognitive function and symptoms in adults and adolescents in relation to rf radiation from UMTS base stations. *Bioelectromagnetics* 2008; 29(4): 257-267.
- [72] Rösli M. Radiofrequency electromagnetic field exposure and non-specific symptoms of ill health: A systematic review. *Environ Res* 2008; 107(2): 277-87.
- [73] Russian National Committee on Non-Ionizing Radiation Protection. Children and mobile phones: the health of the following generations is in danger. Moscow, Russia 14 April 2008.
- [74] Sadetzki S, Chetrit A, Jarus-Hakak A, Cardis E, Deutch Y, Duvdevani S, Zultan A, Novikov I, Freedman L, Wolf M. Cellular phone use and risk of benign and malignant parotid gland tumors--a nationwide case-control study. *Am J Epidemiol* 2008; 167(4): 457-467.
- [75] Sanchez S, Masuda H, Ruffie G, De Gannes FP, Billaudel B, Haro E, Leveque P, Lagroye I, Veyret B. Effect of GSM-900 and -1800 signals on the skin of hairless rats. III: Expression of heat shock proteins. *Int J Radiat Biol* 2008; 84(1): 61-68.
- [76] Savitz DA. Low prior + frightening implications = inflammatory epidemiology? *Epidemiology* 2008; 19(4): 534-535.
- [77] Schrader T, Munter K, Kleine-Ostmann T, Schmid E. Spindle disturbances in human-hamster hybrid (AL) cells induced by mobile communication frequency range signals. *Bioelectromagnetics* 2008; 29(8): 626-639.
- [78] Schrottner J, Leitgeb N. Sensitivity to electricity--temporal changes in Austria. *BMC Public Health* 2008; 8: 310
- [79] Schwarz C, Kratochvil E, Pilger A, Kuster N, Adlkofer F, Rudiger HW. Radiofrequency electromagnetic fields (UMTS, 1,950 MHz) induce genotoxic effects in vitro in human fibroblasts but not in lymphocytes. *Int Arch Occup Environ Health* 2008; 81(6): 755-767.

- [80] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). Health effects of exposure to EMF. [http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scenihhr/docs/scenihhr\\_o\\_022.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihhr/docs/scenihhr_o_022.pdf)
- [81] Stewart BW. Banding carcinogenic risks in developed countries: A procedural basis for qualitative assessment. *Mutat Res* 2008; 658(1-2): 124-151.
- [82] Swedish Radiation Protection Authority (SSI). Recent Research on EMF and Health Risks Fifth Annual Report from SSI's Independent Expert Group on Electromagnetic fields, 2007. SSI Rapport 2008:12. [http://www.ssi.se/ssi\\_rapporter/pdf/ssi\\_rapp\\_2008\\_12.pdf](http://www.ssi.se/ssi_rapporter/pdf/ssi_rapp_2008_12.pdf)
- [83] Takebayashi T, Varsier N, Kikuchi Y, Wake K, Taki M, Watanabe S, Akiba S, Yamaguchi N. Mobile phone use, exposure to radiofrequency electromagnetic field, and brain tumour: a case-control study. *Br J Cancer* 2008; 98(3): 652-659.
- [84] Thomas S, Kuhnlein A, Heinrich S, Praml G, Nowak D, von Kries R, Radon K. Personal exposure to mobile phone frequencies and well-being in adults: a cross-sectional study based on dosimetry. *Bioelectromagnetics* 2008; 29(6): 463-470.
- [85] Toronto Public Health. Factsheet. Children and safe cell phone use. May 2008. [http://www.toronto.ca/health/hphe/pdf/factsheet\\_children\\_safecellphone.pdf](http://www.toronto.ca/health/hphe/pdf/factsheet_children_safecellphone.pdf)
- [86] Unterlechner M, Sauter C, Schmid G, Zeitlhofer J. No effect of an UMTS mobile phone-like electromagnetic field of 1.97 GHz on human attention and reaction time. *Bioelectromagnetics* 2008; 29(2): 145-153.
- [87] Valbonesi P, Franzellitti S, Piano A, Contin A, Biondi C, Fabbri E. Evaluation of HSP70 expression and DNA damage in cells of a human trophoblast cell line exposed to 1.8 GHz amplitude-modulated radiofrequency fields. *Radiat Res* 2008; 169(3): 270-279.
- [88] Vijayalaxmi and Prihodab TJ. Genetic Damage in Mammalian Somatic Cells Exposed to Radiofrequency Radiation: A Meta-analysis of Data from 63 Publications (1990–2005). *Radiat Res* 2008; 169(5): 561–574.

- [89] Wiholm C, Lowden A, Kuster N, Hillert L, Arnetz BB, Akerstedt T, Moffat SD. Mobile phone exposure and spatial memory. *Bioelectromagnetics* 2008 (in press).
- [90] Zeni O, Schiavoni A, Perrotta A, Forigo D, Deplano M, Scarfi MR. Evaluation of genotoxic effects in human leukocytes after in vitro exposure to 1950 MHz UMTS radiofrequency. *Bioelectromagnetics* 2008; 29(3): 177-184.

## V 参 考 资 料



国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP)  
「新たな電磁界放射技術に関する ICNIRP の声明」

## [序文]

通信及び無線技術における最近の進展により、無線周波数（RF）電磁エネルギーを放射する新たな機器及びシステムの数が増加している。これらの進展は、職場の人々や一般公衆の多くに RF 電磁界へのばく露をもたらしている。

国際非電離放射線防護委員会のガイドライン（ICNIRP、1998）は、非電離放射線（NIR）のスペクトル全体をカバーした、差し支えないばく露レベルに関する助言を提示している。しかしながら、健康リスクの観点からは本質的には検証されていないこれらの新たなシステム及び機器へのばく露に関連する健康影響について、疑問が提起されている。これらは現在利用されている技術とは異なる独特の信号特性を有している場合があり、また、新たな発生源と既存の発生源からの電磁界の重ね合わせにより、ばく露レベル全体を引き上げるかもしれない。

本声明の目的は、職場や日常生活における NIR へのばく露レベルの増加につながる可能性のある開発中、近々採用予定、または最近採用された新技術のリストをまとめ、その安全性と健康面での意味合いを判定するための更なる研究の必要性を評価することである。但し、本声明に盛り込まれた技術は移動体通信または無線通信に限定されるものではなく、全ての電磁界放射機器が包含されている。技術的、規制上及びマーケティング上の障害から、どのような製品であれ、その導入または展開の時期は多少不確かである。携帯電話業界の経験から、新技術が一旦展開されれば、その採用率は容易に急増することが示されているという点に留意すべきである。ある製品の開発には先進技術を要するが、低価格、高品質で高性能な構成要素が世界中から利用可能であることから、大量生産を通じて新製品の価格が引き下げられる。

## [結論]

将来の携帯電話通信システムは、現行のシステムと同様に、通話が重要な利用形態であり続けると思われる。但し、双方向ゲーム、新たな情報、及び映画や TV 等の娯楽サービスといった付加的サービスにより、その機能は大幅に拡大するであろう。将来の端末からのばく露は、現行のシステムよりも低い出力のため低くなるであろうが、1回あたりの使用時間は長くなるであろう。

通話以外の利用については、身体との距離が大きいため、ばく露は更に低くなるであろうが、1回あたりの使用時間は長くなるであろう。但し、帯域幅は増加し、また周波数が高いほど出力の揺らぎは大きくなる。時間と共に一定しない出力変動に何らかの生物学的影響があるかどうかに関しては疑問が残されている。

携帯電話及びインターネットの普及は、将来の無線通信システムに膨大なインパクトを与えている。音声の他に、インターネット・ベースの機器は、対象となるほぼ全てのもの間での通信の確立のために IP 及びインターネットのアドレスを利用する。これにより、制御を目的とした機器間の通信や、生命・安全・環境モニタリングを目的とした環境中の膨大なセンサー網におけるセンサー間の通信が可能となる。これらのセンサーはバッテリー駆動で数年間作動するために低出力・低エネルギーで、ばく露は非常に低くなるであろう。

RFID の場合、無線通信は能動的機器と受動的機器の間で行われる。無線通信では電磁スペクトルの利用が増加する傾向にあるが、一般に、出力はより低く、距離はより短くなっている。健康面での観点からすれば、第 2 世代の携帯電話システムについて論じられた長距離システムよりもばく露は低くなるであろう。

その他または通信以外の用途としては、運輸、エネルギー、家庭電気製品、医療機関における重要な利用が幾つか生じつつある。通信とは対照的に、これらの応用技術は高出力に依存しており、より高い強度を生じる傾向がある。但し、ほとんどの状況では、ヒトのばく露は全体として低いレベルに制限されている。一般に、RF 周波数が全帯域において、より集中的に利用・再利用されることになる。中間周波数のような従来のギャップは、新たな応用技術によって埋められるようであり、また、RF の利用は更に高い帯域に拡大する。

携帯電話業界の経験から、新技術が一旦展開されれば、大量生産と配布によって、その採用率は容易に急増することが示されている。ゆえに、新たな NIR 発生源の急激な開発について認識し、これらの技術革新に関連する様々な健康面について科学的評価を継続することが重要である。これには、身体の部位、使用時間、対象とする集団、潜在的に広範な帯域にわたる複数の周波数への同時ばく露、等に関する様々なばく露シナリオが含まれるであろう。

フランス保健・青年・スポーツ文化省  
「携帯電話：健康と安全」

携帯電話や TV、Wi-Fi による無線技術の利用が増加している。特にホリデーシーズンに伴い、子供を対象とするものを含む新型の移動体機器が市場に出回っている。これらの機器は主に、子供の位置情報確認と、家族との連絡を可能にする機能に特化したものである。

本省は、「現時点では、携帯電話の使用が成人や子供の健康に対して有意なリスクを生じることが示す科学的証拠はない」という、この問題についての各国及び国際的な専門家の結論を認識している。但し、最近公表された幾つかの科学研究では、携帯電話の多頻度・長期（10 年以上）使用に関連する僅かな健康影響のリスクの可能性を強調している。しかしながら、そのような研究に内在する限界から、リスクの存在について確たる結論を下すことはできない。

本省は、世界保健機関（WHO）に対し、科学的に妥当性のある結論を導くためのこれらの研究（通称 INTERPHONE Study）の結果を早急に取りまとめるよう求める。また、フランス環境労働衛生安全局（AFSSET）に対し、この問題に関する公表済みの各種研究（ばく露と健康影響の両面について）を更新するよう求める。本省は、「電磁波と健康基金」の活動を支援する。特に、子供と長期的使用の影響に関するリスクについての研究を推進するプロジェクト募集の重要性を強調する。

リスクがあるかもしれないという仮定を完全に排除できないので、プレコーシヨンのアプローチが正当化される。また本省は、保護者に対し、これらの機器を慎重に購入・使用するよう呼びかけている。

本省は、特に子供については、携帯電話の使用を適度にするよう助言する。実際、AFSSET の専門家報告（2005 年）にあるように、健康影響が仮に同定された場合、子供は器官が発育途上なので、より脆弱かもしれない。

最後に、ユーザーのばく露を低減する方法を紹介する。携帯電話の使用を見極めること、電波状態の悪い場所または高速移動中は使用しないこと、ハンズフリー装置等を用いて身体の敏感な部位から離すこと。

小冊子「携帯電話：健康と安全」は、本省のウェブサイト <http://www.sante.gouv.fr> の携帯電話に関するセクションから入手可能である。



スウェーデン放射線防護庁 (SSI) 電磁界に関する独立専門家委員会 (IEG)  
「電磁界と健康リスクに関する最近の研究  
: IEG 第 5 回年次報告 (2007 年版)」

[エグゼクティブ・サマリ]

## 静電磁界

自然の地磁気よりも遥かに強い静磁界のばく露は、溶接装置や各種の粒子加速器といった、直流を用いる工業用及び科学研究用装置に関連している。但し、強い静磁界 (>1T) へのばく露の主な発生源は、医学診断のための磁気共鳴断層撮影装置 (MRI) の使用の際に生じる。そのような強い静磁界の内部での移動は、身体内に誘導電界を生じ、それによって目眩を感じる人もいる。その閾値は人によって大きく異なる。最近のボランティア研究ではこれらの影響が確認されており、また、そのような強い磁界内で頭部を動かした後には視覚的追尾課題の遂行能力が悪化することが報告されている。

## ELF (超低周波) 電磁界

### 細胞研究

最近の複数の研究で、1mT 程度のばく露レベルで影響が示されている。このレベルは、通常は 1 $\mu$ T を下回る一般環境において見られるレベルより 1000 倍高い。これらの影響の量-反応やメカニズムは不明なので、環境レベルでのばく露に関する意味合いについて結論を導くことはできない。

### 動物研究

比較的強い ELF 磁界の遺伝毒性に関する最近の 2 編の研究で、陽性の知見が報告されている。以前の動物研究では全体として、そのような影響は示されていないが、ばく露レベル、測定した遺伝毒性のエンドポイント、及びその他の実験場の変数が異なるので、この新たな知見は従来の研究と直接矛盾するものではない。但し、これらの新たな研究には重大な制約があり、結論を導くには更なる研究が必要である。



## 疫学研究

昨年公表された小児白血病に関する新たなデータは、我々の従来報告の全体的な結論を変更するものではないが、生存率に関する追跡調査は注目に値するものかもしれないことを示している。心血管研究のレビューは、ELF が心血管系疾患を誘発することはなさそうであると結論付けており、これは WHO の ELF 電磁界に関する環境保健クライテリア文書と一致している。

## IF（中間周波）電磁界

IF 電磁界の健康影響に関する、入手可能な実験研究及び疫学研究は極少数である。例えば監視装置のような新技術及び新興技術により、そのような電磁界へのヒトのばく露が増加していることから、更なる研究が重要となるであろう。低レベルでの慢性的ばく露に関連して生じうる影響についての研究は、現行のばく露限度の妥当性を確認する上で特に意味がある。

## RF（無線周波）電磁界

### ドシメトリ

GHz 帯域（携帯電話）では、背の低い被験者や子供が遠方界の電波にばく露される場合、背の高い被験者や成人と比較して、従来考えられていたよりも全身 SAR が高いというドシメトリに関する重要な知見が示されている。これらのデータは 1 グループが発表したものであり、他のグループによる発表も待たれる。

## 細胞研究

活性酸素種（ROS）、遺伝毒性、アポトーシス、遺伝子発現、免疫学、酵素活性への影響等、各種のアウトカムを調べた多数の *in vitro* 研究が最近発表されている。これらの研究のほとんどでは、RF ばく露が調査対象のアウトカムに及ぼす影響は認められておらず、欧州 REFLEX プログラムにおいて観察された遺伝毒性作用の再現についても同様に認められていない。例えば遺伝子発現について更なる研究

が現在進行中であり、また、初代培養細胞におけるアポトーシスへの影響といった、他の幾つかの分野については更なる研究が必要である。

## 動物研究

発がんに関する最近の研究（従来の研究よりも高いばく露レベルを用いたものもある）では、発がん作用がないことが一貫して報告されており、遺伝毒性に関する 2 編の研究では、RF ばく露後に小核や DNA 鎖切断は増加しないことが報告されている。これらの結果は、従来の主要な研究と一致している。

## ヒト実験室研究

最近のボランティア研究では、GSM 携帯電話の RF が認識機能、睡眠、心拍変動・血圧、過敏症に及ぼす影響が調べられている。全体として、より厳密な手法を用いたこれらの最近の研究では、数年前に発表された、あまり厳密ではなく、より小規模研究における陽性の知見は再現されていないが、陽性の知見も少数報告されている。

## 疫学研究

昨年発表された、携帯電話使用と脳腫瘍リスクに関する新たなデータはほとんどない。INTERPHONE Study の国別研究に関する 2 編の発表は、非常に少数に基づいており、全体的な評価を変更するものではなく、2 編のメタ分析には追加的な情報はほとんどない。検証研究では、携帯電話使用に関する自己申告には記憶想起の誤差が相当あるかも知れず、研究の解釈の際にはこれを考慮する必要があるということが示されている。また、ばく露評価に関する研究では、携帯電話の放射電力には相当の変動があることが強調されており、異なる使用状況では電磁界強度が均一でないことが示されている。職業的ばく露に関する最近の研究は全体として、小規模過ぎたり、ばく露評価が粗い登録簿に基づいていたり、潜在的な交絡因子に関する情報がなかったりする。軍用アンテナからの RF ばく露に関する研究には制約があり、環境中の RF ばく露による潜在的影響についての結論を導くことができない。

## レビュー

WHO の ELF 電磁界に関する環境保健クライテリア (EHC) 文書 (WHO の電磁界プロジェクトのウェブサイト [www.who.int/emf](http://www.who.int/emf) からダウンロード可能) は、超低周波 (ELF) 電界及び磁界へのばく露による健康影響の可能性を扱っている。この EHC から派生した WHO の助言は短いファクトシート No.322 に盛り込まれており、これも同サイトから入手可能である。

ELF 磁界については、IARC が 2002 年に「発がん性があるかもしれない」と分類している。この分類は本質的に、小児白血病に関する疫学研究の結果に基づいたものである。EHC は最近の疫学、毒性学、in vitro 研究を全てレビューし、この分類を再確認している。EHC は、ELF 電磁界へのばく露による確立されている急性の悪影響を防護するため、ばく露限度を施行すべきであると示唆している。慢性的な影響 (例: 小児白血病) についての不確かさから、ばく露低減のための低費用または費用のかからないプレコーション (precaution) 的方策の実施が合理的であり是認される、と示唆している。但し、これらのプレコーション的アプローチは、電力がもたらす明白な便益を損なってはならない。

欧州委員会の「新興及び新規に同定された健康リスクに関する科学委員会 (SCENIHR)」は、電磁界の健康リスクに関する 2001 年の提言を改定した。この報告は欧州委員会のウェブサイトからダウンロード可能である。

SCENIHR は RF 電磁界について、10 年未満の携帯電話使用は脳腫瘍のリスクを生じないと結論付けている。より長期間の使用についてはデータが少なく、結論は確定的ではない。がん以外の疾患については、入手可能なデータはほとんどない。今のところ、子供に関する入手可能な疫学研究はない。研究では、自己申告の症状 (電磁過敏症) との関連についての一貫した支持は得られていない。

SCENIHR は IF 電磁界について、データが非常に少ないと結論付けている。しかしながら、新技術や新興技術により、これらの電磁界へのヒトのばく露が増加していることから、適切な健康リスク評価は重要である。

SCENIHR は ELF 電磁界について、ELF 磁界には発がん性があるかもしれないという、小児白血病に関する結果に基づいた従来の評価は依然として妥当であると結論付けている。

静電磁界については、リスク評価のための適切なデータは非常に少ない。MRI 装置のような新技術は、リスク評価のためのデータ提示を可能とするような研究の実施を必要としている。

#### [重要な論点についての最新情報]

本報告及び従来の報告に基づき、幾つかの重要な論点についての証拠を評価することができるようになった。

- a. 電磁界ばく露に対して特に敏感で、症状を伴う反応をする人々がいる可能性については、従来の報告及び WHO のワークショップ（電磁界過敏症に関する国際セミナー及びワーキンググループ、2004 年 10 月、プラハ）でも検討されている。本報告ではその後の追加的な研究をレビューした。こうした症状は実際の物であり、深刻に苛まれている人々がいる一方、電磁界ばく露が原因であることを示す証拠はほとんど無い。
- b. 送信施設の近隣住民の健康リスクについて公表されている少数の研究には、重大な手法上の欠点がある。但し、送信施設から生じる一般の集団の電磁界ばく露は非常に弱く、従来の報告で検討したように、そのようなばく露が健康リスクを生じるとは考えられない。実際、仮に低レベルの RF ばく露が健康リスクと関連しているならば、それは携帯電話ユーザーや、ばく露レベルがより高い職業グループにおいて、遥かに容易に検出されるはずである。送信施設からのばく露は健康リスクを生じることには無さそうであるというのが、全体的な結論である。
- c. 携帯電話ユーザーのがんリスクに関する研究については、全ての報告で検討してきた。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。但し、その他のアウトカムは研究されておらず、子供や若年層に関する研究は無く、長期的使用も十分に評価され

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。

- d. 商用周波数については、**ELF** 磁界にはヒトに対して発がん性があるかもしれないという、**IARC** による以前の評価に変更は無い。**WHO** は **ELF** に関する環境保健クライテリア (No.238) において、ばく露低減のための非常に低費用のプレコーション的方策の実施は合理的であり、是認されると奨励している。
- e. 静磁界への高ばく露は、例えば **MRI** 装置の近くで生じる。静電磁界への長期的ばく露に関するリスクを評価したデータはほとんど無い。急性ばく露に関しては、**2T** 以上の静磁界内での移動は、目眩や吐き気といった様々な感覚を生じるかも知れず、これは恐らく頭部での電界及び電流の誘導に関連している、ということが明らかになってきた。そのような影響に対する個人の感受性には幅がある。
- f. ガイドラインのレベル以下の **ELF** 及び **RF** 帯域における相互作用のメカニズムに関する研究が、適度に活発になっている。**ELF** (及び静電磁界) に関して一番もっともらしいモデルは、渡り鳥に関する幾つかの調査で認められている、磁界がラジカルペアに及ぼす作用であるが、これは比較的高いレベルでしか生じない。**RF** の非熱的メカニズムに関するモデルは今のところ無い。
- g. 磁界が不整脈及び急性心筋梗塞のリスクを高めるという、生物学的に根拠のある仮説が発表されている。但し、現時点で入手可能な証拠は、電磁界ばく露と心血管系疾患との間の病因論的関連性に否定的である。

ロシア非電離放射線防護委員会（RNCNIRP）  
「子供と携帯電話：次世代の健康が危険に曝されている」

我々は歴史上初めて、世界中のほとんどの子供と 10 歳代の若者が、携帯電話からの電磁界の潜在的に有害な影響に継続的にばく露されるという状況に直面している。

電磁界は重要な生物内向性因子 (biotropic factor) であり、ヒトの健康全般だけでなく、行動や思考といったより高度な神経活動のプロセスにも影響を及ぼしている。携帯電話を使用する際、RF 放射はヒトの脳に直接影響する。

18 歳以下は携帯電話を使用すべきでないとする、保健省衛生規則 (SanPiN 2.1.8/2.2.4.1190-03 point 6.9) に記載された勧告にもかかわらず、子供や 10 歳代の若者は携帯電話の販売促進の標的になっている。

携帯電話からのマイクロ波ばく露に関する現行の安全基準は、成人を対象に開発されており、子供の臓器の特徴は考慮していない。WHO は、携帯電話の電磁界により生じる可能性のある負の影響力から子供の健康を保護することを、優先順位の高い課題と考えている。この問題は、欧州委員会の科学委員会、欧州及びアジア各国の当局、電磁界の生物学的影響に関する国際的な科学会議の参加者らによっても確認されている。

以下の理由により、子供の健康に対する潜在的リスクは非常に高い：

- ▶ 子供の頭部の電磁エネルギーの吸収は成人の頭部よりも相当高い (子供の脳は導電率が高く、大きさが小さく、頭蓋骨が薄く、携帯電話のアンテナからの距離が近い、等)
- ▶ 子供の臓器は電磁界に対して成人よりも敏感である
- ▶ 子供の脳は電磁界への慢性ばく露条件下では悪影響の蓄積に対する感受性がより高い
- ▶ 電磁界はより高度な神経活動プロセスの形成に影響する
- ▶ 今日の子供は本質的に、今日の成人よりも長い時間を携帯電話使用に費やす

ロシア非電離放射線防護委員会 (RNCNIRP) の提言によれば、子供の携帯電話ユーザーは近い将来に以下の健康ハザードに直面する可能性が高い：記憶の混乱、集中力の減退、学習及び認識能力の低下、刺激過敏性の亢進、睡眠障害、ストレ

ス感受性の増加、てんかんの前段階の増加。

予想される（可能性のある）将来の健康リスク：脳腫瘍、聴覚及び前庭神経の腫瘍（25～30歳）、アルツハイマー病、認知障害、抑うつ症候群、及びその他の脳の神経構造の変性（50～60歳）。

RNCNIRP 委員らは、携帯電話システムの電磁界の影響力から子供の健康を守ることは、極めて緊急性が高いと強調している。我々は政府当局に対し、この来るべき脅威に対して社会全体が最大限の注意を払い、将来の世代の健康に対する悪影響を防護するための適切な措置を講じるよう訴えている。

携帯電話を使用する子供は、自分の脳と健康を電磁界放射に曝しているということを実感できない。我々は、このリスクはタバコやアルコールが子供の健康に及ぼすリスクよりもずっと低いものではないと確信している。不作為によって子供の健康を危険に曝さないようにするのは、我々の専門家としての義務である。



トロント市公衆衛生局 ファクトシート  
「子供と安全な携帯電話使用」

トロント市公衆衛生局は保護者に対し、子供が携帯電話を使う場合に、無線周波（RF）へのばく露を最小限にするための簡単なプレコーション（precaution）を講じさせるためのアドバイスを提示する。

無線周波とは何か？

無線周波（RF）とは、電磁周波数の一部をなすエネルギーの波である。RF は FM ラジオ波からマイクロ波の間にある。人々は多くの RF 放射源にばく露されている。携帯電話タワー、コードレス電話、ポケットベル、遠隔操作機器、無線インターネット接続（WiFi としても知られている）、携帯電話はいずれも、低レベルの RF を放射している。

携帯電話を使用中にはどの程度の RF にばく露されるのか？

携帯電話で通話する場合、無線信号は最寄りの基地局アンテナまで届く。信号は最終的に、アンテナから呼び出し先の携帯電話に送信される。この無線信号は RF によって送信される。携帯電話内部のアンテナから放射された RF の一部は、携帯電話使用者の頭部に伝達・吸収される。アンテナが頭部または身体に近いほど、ばく露される電波エネルギーは強くなる。携帯電話を長時間使用する場合、または最寄りのアンテナが離れている場合、RF ばく露は強くなる。

携帯電話は健康に影響を及ぼすのですか？

RF ばく露に関するカナダ保健省のガイドライン（Safety Code 6 として知られている）は、強い RF ばく露による短期的な影響から一般の人々を防護している。携帯電話を使用している成人についての研究では全体として、健康に影響はないと結論付けられている。但し、携帯電話を何年間も使った場合のインパクトがどのようなものになりうるかということについては、依然として不明である。

子供は成人よりも携帯電話の RF からの健康影響を受け易いのか？

若い人々の携帯電話使用は比較的最近の傾向であるため、携帯電話の RF が子供

の健康に及ぼす影響に関する研究は非常に限定的である。携帯電話使用による子供の健康への影響がどのようなものか、科学者は今のところ確信していない。この分野における研究は進行中であるが、多くの科学者は、子供は携帯電話の RF による有害な影響に対し、より敏感かもしれないと感じている。その理由は以下の通りである。

- ・ 10 歳代未満の子供は頭部と脳の大きさが小さく、頭蓋骨、皮膚、耳が薄い。
- ・ 彼らの神経細胞は成人や 10 歳代の神経細胞よりも、電波のようなエネルギーを伝えやすい。
- ・ 子供の脳や神経はまだ発育途上なので、電波ばく露に対してより敏感である可能性がある。

今日の子供は、より若い時期から携帯電話を使い始めるので、生涯における携帯電話の RF ばく露もより多くなる可能性がある。その結果、子供が携帯電話を長期間使用することによって、有害な健康影響を生じる確率も大きくなるかも知れない。

子供は携帯電話を使うべきか？

携帯電話はコミュニケーションと安全上の理由から重要だが、保護者は子供に対してプレコーシヨンの方策を講じるよう助言する。

8 歳以下の子供は固定電話を使い、携帯電話はどうしても必要な場合にのみ使うべきである。より年齢が上の子供や 10 歳代の若者は、可能な限り携帯電話の使用を制限すべきである。世界保健機関（WHO）は、通話時間を制限することや、携帯電話を頭部や身体から離しておくため、ヘッドセットやイヤフォンといった「ハンズフリー」装置の使用を推奨している。吸収される RF エネルギーの量は、アンテナと使用者との間隔が離れるに従って急激に低下する。また、場合によってはスピーカーフォン・モードや、テキストメッセージを代わりに使うことができる。

子供の携帯電話を購入する保護者は、RF 放射が最も低い電話機を探すべきである。米国食品医薬品局（FDA）によれば、たいてい電話機のケースに印刷されて

いる FCC の ID 番号を使って、RF 放射レベルを確認できる。個々の ID 番号や対応する電話機についてのより詳細な情報は、[www.fcc.gov/oet/fccid](http://www.fcc.gov/oet/fccid) を参照されたい。

子供が特に携帯電話使用を避けるべき時間はあるか？

携帯電話の受信感度が低い場合（これは基地局アンテナが遠くはなれている場合に生じる）や、携帯電話が高速で移動している場合（例：自動車で走行中）、受信感度を維持するため、携帯電話からの放射電力を高めなければならない。そのような場合には、RF ばく露を減らすため、子供の携帯電話使用を制限すべきである。

より詳細な情報はどこで入手できるのか？

トロント市公衆衛生局の連絡先：416-338-7600

参考までに、市公衆衛生局のウェブサイトから外部へのリンクを以下に示す。これらのリンクは、その内容またはこれらのサイトの利用について、市公衆衛生局が何らかの責任を負うと保証または認めるという意味ではない。

- 英国保健省：携帯電話と健康  
[http://www.dh.gov.uk/en/Publicationsandstatistics/Publications/PublicationsPolicyAndGuidance/DH\\_4123979](http://www.dh.gov.uk/en/Publicationsandstatistics/Publications/PublicationsPolicyAndGuidance/DH_4123979)
- 携帯電話、脳腫瘍、子供: カナダ保健省が電磁波を無罪放免  
<http://www.aboutkidshealth.ca/News/Cell-phones-brain-tumours-and-kids-Health-Canada-clears-the-airwaves.aspx?articleID=11041&categoryID=news-type>
- カナダ保健省：携帯電話の安全性と安全な使用  
[http://www.hc-sc.gc.ca/iyh-vsv/prod/cell\\_e.html](http://www.hc-sc.gc.ca/iyh-vsv/prod/cell_e.html)



オランダ保健審議会（HCN） 電磁界委員会  
「BioInitiative 報告」

2007年8月31日に公表された報告書「BioInitiative 報告：電磁界（ELF 及び RF）に対する生物学に基づく公衆ばく露基準の根拠」<sup>1</sup>が、電磁界と健康に関する論争において、ますます重要な役割を果たしている。同報告には、オランダ及びその他の多くの国々において現在適用されている制限値よりも大幅に低い電磁界ばく露制限値の制定についての勧告が盛り込まれており、社会からますます多くの注目を集めている。

住宅・国土計画・環境省（VROM）は、BioInitiative 報告に対する保健審議会の判断に関心を示した。このため本書簡では、保健審議会の電磁界委員会が、放射線と健康に関する運営委員会との協議の後、同報告書の科学的価値について意見を提示している。

[バイオイニシアティブ報告の編纂に用いられた手法]

科学的な助言的報告書は通常、専門家グループが現時点の科学を用いて、あるトピックについて合意に達するまで徹底的に議論するプロセスの成果である。このグループは、そのトピックに関連する様々な分野の独立した専門家で構成される。例えば電磁界の場合、生物学者、疫学者、技術専門家、医師がこれに該当し、心理学者やリスク専門家が含まれることもある。世界保健機関（WHO）や保健審議会等の組織、ならびに、国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）や電気電子学会（IEEE）の国際電磁安全性委員会（ICES）といったばく露制限値の草案を作成する機関も、こうした手順に従っている。関連する全ての科学的情報のレビューと合わせて、様々な専門家と彼らの間の相互作用が、最新の科学的知識に関するバランスの取れた判断が可能であることを担保している。このプロセスが透明であることが重要である。この多分野にわたる証拠の重みに基づく手法が、可能な限り客観的な、科学的に確固たる判断につながる。

BioInitiative 報告は、この手順に従っていない。同報告は、個々の著者らによって執筆された「セクション」と称される多くの章を集めたものです。これらのセクションについては、著者らの間で協議や議論がなされなかったようである。同報告には、著者らに（仮にあったとして）どのような任務が与えられたかも明

---

<sup>1</sup> 【原文注】 [www.bioinitiative.org](http://www.bioinitiative.org) 参照。

記されていない。いずれにせよ、これらのセクションは標準化された方法で執筆されたものではない。特に、この著者らは全員が科学者というわけではない。文献収集に用いられた手法は定義されていない。多くの場合、入手可能な科学的資料が選択されているが、選択基準は明記されていない。例として、セクション 12 では当該著者がとりわけ、50Hz 磁界へのばく露と乳がんの有病率との間の関連性についての疫学研究を参照している。この著者は、ばく露が充分正確に決定できないことを理由に、居住環境で実施された多くの研究を却下している。しかしながら、この手法は、同報告の別のセクションで長々と論じられている、電力線近傍での居住と小児白血病の有病率との間の関連性に関する全ての研究にも適用されている。この著者らは、乳がんと磁界ばく露との間に関連性を見出さなかった各種の研究も、分析から除外している。同報告の各セクションの科学的品質は、バラつきが極めて大きいと結論付けられる。

BioInitiative 報告の主たる創始者の 1 人が執筆した最初のセクションには、要約と結論が盛り込まれており、その多くは各セクションの著者らが達した結論よりも更に踏み込んだものである。彼らがこのことについて議論したのかどうか、あるいはどのように議論したのか、要約における結論の文言を彼らが支持したのかどうか、何を根拠にこの著者が異なる結論に達したのか、明らかではない。

#### [BioInitiative 報告の執筆理由は？]

セクション 2、3、4 では、同じ著者が、現行のばく露制限値は充分ではないという自身の信念を支持する徹底的な主張を提示している。セクション 2 には、同報告の執筆理由が以下のように示されている。

「本報告は、公衆衛生の防護のためには、非電離放射線に対する現行の公衆ばく露制限値がもはや充分ではない、ということの理由を文書化するために執筆されたものである。」

このため、率直に言って、同報告の執筆理由は、現時点の科学の客観的な分析（これは後に勧告につながる）を提示するためのものではなく、現行の制限値が充分ではないことを証明するための情報を提示することを意図したものであった。



[欠点]

上述した原理と手法に加えて、幾つかのセクションにも事実上の間違いが多数ある。本委員会は 2 つの例を示す。セクション 1 の 6 ページで、著者は以下のよう

に述べている。  
「生物学的変化を生じるのは、(熱ではなく)電磁放射によって伝えられる情報<sup>2</sup>のようである。この生物学的変化の中には、安寧の喪失、疾病、更には死につながるものもあるかもしれない。」

この見解には科学的根拠がなく、本委員会によれば、これは正しくない。何よりもまず、低周波の電磁界によって伝えられる情報はなく、熱は生じない。無線周波の電磁界については、情報は変調によって伝えられる。一部の実験研究では、変調信号へのばく露によって、ある種の生物学的影響が生じるかもしれないという兆候が示されているが、非変調信号へのばく露については全く示されていないか、程度の小さいものしか示されていない。現時点では、このことを確認する十分な科学的証拠はない。そのような影響が健康影響につながる可能性があるかどうかは不明である。観察されている生物学的影響の中には、安寧の低下、疾病、更には死につながるものがあるかもしれないという示唆には、科学的根拠はない。

セクション 1 の 15 ページで、著者は以下のように述べている。

「例えば、新たな第 3 世代携帯電話（及びこれに関連する、オランダ国内のコミュニティ規模のアンテナからの RF 放射）の導入のほとんど直後に、公衆の病気の訴えが生じた。」

ここでは 2003 年の TNO 研究が参照されている<sup>3</sup>。この TNO 研究の引用とこれ

---

<sup>2</sup> 【原文注】強調は当該著者による [原文では INFORMATION と大文字で表記]

<sup>3</sup> 【原文注】

- Zwamborn, APM, Vossen, SHJA, van Leersum, B, e.a. Effects of global communication system radio-frequency fields on well being and cognitive functions of human subjects with and without subjective complaints. The Hague: TNO Physics and Electronics Laboratory, 2003; FEL-03-C148.

に対する見解は、いずれも不正確である。UMTS ネットワークの供用開始よりも相当前から、一部の人々は既に各種の体調不良を（特に GSM 基地局から生じる）電磁界のせいにしていたのである。TNO 研究は、（GSM 信号ではなく）UMTS 基地局の類似信号へのばく露には、安寧に対する好ましくない影響力があるかもしれない、ということを示した。この研究の公表は、UMTS 信号が送信されていない場合にも、公衆の懸念と体調不良の件数の増加につながった。4 件の独立したフォローアップ研究では、TNO 研究の結果を確認する兆候は何ら示されなかった<sup>4</sup>。

本委員会は、600 ページを超える同報告におけるその他の多くの欠点について、これ以上詳細に立ち入るつもりはない。必要であれば、別の刊行物において実施可能である。これら全ての不備は必ずしも、BioInitiative 報告の品質に対する本委員会の確信を高めるものではない。

#### [結論]

本委員会は、BioInitiative 報告の編纂方法、科学的データの選択的利用、及び上述したその他の欠点を考慮して、同報告は現時点の科学的知識を公平でバランスよく反映したものではないとの結論に達した。ゆえに同報告は、電磁界ばく露のリスクに関する現行の見解を見直すための何らかの根拠を提示するものではない。

BioInitiative 報告は、電磁界が生体系に及ぼすいかなる影響も無視すべきでは

---

#### <sup>4</sup> 【原文注】

- Regel, SJ, Negovetic, S, Röösl, M, e.a. UMTS base station-like exposure, well-being, and cognitive performance. *Environ Health Perspect*, 2006; 114(8): 1270-1275.
- Riddervold, IS, Pedersen, GF, Andersen, NT, e.a. Cognitive function and symptoms in adults and adolescents in relation to rf radiation from UMTS base stations. *Bioelectromagnetics*, 2008; 29(4): 257-267.
- Eltiti, S, Wallace, D, Ridgewell, A, e.a. Does short-term exposure to mobile phone base station signals increase symptoms in individuals who report sensitivity to electromagnetic fields? A double-blind randomised provocation study. *Environ Health Perspect*, 2007;115(11): 1603-1608.
- Furubayashi, T, Ushiyama, A, Terao, Y, e.a. Effects of short-term W-CDMA mobile phone base stations exposure on women with and without mobile phone related symptoms. *Bioelectromagnetics*, 2008; in press.

ないと論じており、影響とダメージの違いを無視している。以前の発表（例えば、2002年の報告書「携帯電話：健康影響の評価」）に明記しているように、本委員会はこのアプローチに同意しない。このトピックについては、電磁界に関する年次報告の2008年版で更に対処する。



欧州委員会  
電磁界ばく露の影響：科学から公衆衛生、より安全な職場へ（EMF-NET）  
報告書

作業分類 2.2 報告書 D3b: がんに関連するプロジェクトの報告 (バイオアッセイ、形質転換研究、プロモーション研究)

- 作業分類 (WP) 2 の目的は、第一に、電磁界ががんまたはがん以外のエンドポイントへの影響に関する最新の実験室研究の結果を収集し、これを批判的にレビューすることである。WP2:「実験室研究」及び WP3:「疫学研究」は共に、EMF-NET の主任務 (MT) 1:「電磁界の健康影響に関する研究結果の科学的評価」に寄与するものである。EMF-NET 全体の目的の 1 つは、政策決定者に規制及びリスクコミュニケーションのための情報を提供することである。
- 本報告書は、RF 放射によるがんに関連する生体内での影響の可能性を対象を絞っている。がん関連の細胞研究、ならびに他の重要な論点は、他の報告書で扱っている。
- 低レベル RF ががんの進展に及ぼす影響に関する生体内研究から得られた証拠の強さを批判的に評価するために尽力した。WP2 の全体的な合意に従い、国際がん研究機関 (IARC) タイプの 4 段階尺度 (充分、限定的、不充分、影響がないことを示唆) を用いて、評価した影響の不確実性の度合いを表現した。

#### IARC タイプの証拠の強さの 4 段階分類 (分類及びクライテリア)

証拠は充分 sufficient evidence	ばく露と調査対象の影響との間に正の関連が観察される場合。その影響が独立した研究者による、または異なるプロトコルを用いた複数の研究で再現される場合、及び、一貫したばく露量 - 反応関係がある場合。また、交絡因子が合理的な信頼性をもって排除できる場合。
証拠は限定的 limited evidence	影響の証拠が数編の研究に限定される場合、または研究のデザイン、実施、解釈の妥当性に関する未解決の疑問がある場合。また、交絡因子が合理的な信頼性をもって排除できない場合。
証拠は不充分 inadequate evidence	結論を許容するには、研究の質、一貫性、統計的パワーが不十分な場合。
影響がないことを示唆 suggesting lack of effects	少なくとも 2 つの動物種または 2 種類の細胞株が関係し、界の強度の幅が充分な、独立した研究者による異なるプロトコルを用いた複数の研究で、影響が全く報告されない場合。

## [証拠の強さの分類]

### 1. 発がん性研究

#### 1.1 腫瘍形成：RF への単独ばく露

- ・ 以前の評価：影響がないことを示唆
- ・ その後の研究は影響がないという結論を強化

#### 1.2 腫瘍形成：RF と既知の遺伝毒性因子との複合ばく露

- ・ 以前の評価：証拠は不十分
- ・ その後の研究は以前の分類を変更するものではなく、依然として証拠は不十分

#### 1.3 腫瘍形成：遺伝的に特にがんに罹りやすい動物の RF ばく露

- ・ 以前の評価：証拠は不十分
- ・ その後の研究は影響がないという知見を支持、依然として証拠は不十分

#### 1.4 腫瘍形成：移植した腫瘍の進展

- ・ 以前の評価：影響がないことを示唆
- ・ 関連する新たな研究なし

### 2. 死亡率

- ・ 以前の評価：影響がないことを示唆
- ・ その後の研究は影響がないという結論を強化

### 3. 遺伝毒性作用、生体内

#### 3.1 遺伝子突然変異

- ・ 以前の評価：影響がないことを示唆
- ・ 関連する新たな研究なし

#### 3.2 染色体レベルでの構造的変化

##### 3.2.1 小核

- ・ 以前の研究：限定的な証拠
- ・ その後の研究は以前の分類を変更するものではなく、依然として証拠は不十分

##### 3.2.2 その他

- ・ 以前の評価：影響がないことを示唆

- ・ 関連する新たな研究なし

### 3.3 DNA 損傷／影響評価

- ・ 以前の評価：証拠は不十分／限定的
- ・ 2 編の新たな研究が、示唆されている関連性を更なる支持：証拠は限定的

## 4. その他の可能性のある生体内がん関連研究

### 4.1 オルニチンデカルボキシラーゼ（ODC）

- ・ 以前の評価：証拠は不十分
- ・ 関連する新たな研究なし

### 4.2 遺伝子発現（熱ショックタンパク質）

- ・ 以前の評価：証拠は限定的
- ・ その後の研究は、示唆されている関連性を支持せず



作業分類 2.2 報告書 D4：がんに関連する細胞及び分子レベルのプロジェクトの報告（遺伝毒性、細胞分化、アポトーシス、遺伝子発現、その他）

- EMF-NET の主な目的は、欧州委員会が出資した、または他の国や国際的な枠組みの下で実施された、電磁界の影響に関する進行中の研究の結果を照合し、欧州連合及びその他の利害関係者による政策オプション立案に対する助言を提供することである。EMF-NET はまた、既存の研究プロジェクトについては優先順位、知識におけるギャップ、結果の観点から、新興技術については電磁界ばく露の健康上の意味合いに関係する適切な情報を提供するため、観察を行う。こうした情報は、公衆衛生・消費者保護、職場における保健衛生、欧州の競争力、環境問題を網羅する政策オプションの策定に資するものである。
- 本報告は、EMF-NET の作業分類 (work package: WP) 2: 実験室研究のうち、WP2.2 : RF 研究に関する技術作業部会による成果である。
- WP2 の目的は、第一に、電磁界ががんに関連するエンドポイントに対する影響についての生体内及び試験管内での実験室研究の最新の結果を収集し、これを批判的にレビューすること、第二に、非電離放射線防護における政策策定に対して適切な情報を提供することである。本報告は、低レベル RF ばく露が発がんの細胞・分子マーカーに及ぼす影響の評価を扱っている。
- WP2 の全体的な目的を支援し、本報告を政策決定者・リスクコミュニケーション関係者にとってより有用なものとするため、電磁界に関連する影響について証拠の強さに基づく、IARC の発がん性分類に類似した 4 段階の分類(充分、限定的、不充分、影響がないことを示唆) を用いて評価を実施した。
- 一般に、低レベル RF が遺伝毒性及びがんの細胞・分子マーカーに及ぼす影響を調べるのに用いられる実験手法は、他の因子に関する文献と一致している。少数の研究で、RF と他の因子との同時ばく露による影響が探求されているが、生物学的相互作用の明確な証拠はない。トランスクリプトミクス、プロテオミクス、異数性等の新たな研究ツールが導入されているが、現時点では弱点が確認されており、リスク評価へのインパクトは限定的である。レビュー済みの研究は、文献（実験室研究）は全体として、一般公衆が経験する低レベルばく露には、遺伝毒性及び非遺伝毒性事象の結果としての悪性新生物形成、及びがんにつながる分子・細胞プロセスへの有意なインパクトはないことを示している、という結論を支持している。評価のまとめを下表に示す。

低レベル RF ばく露が細胞・分子レベルのがん関連プロジェクト（遺伝毒性、細胞分化、アポトーシス、遺伝子発現、その他）に及ぼす影響に関する証拠の強さ

エンドポイント	影響の証拠
遺伝毒性	試験管内での低レベル RF ばく露による遺伝毒性影響の証拠は不十分 試験管内での低レベル RF による遺伝毒性因子の影響の増強の証拠は不十分
形質転換	試験管内での低レベル RF による悪性新生物細胞の形質転換のイニシエーション、プロモーション、共同プロモーションへの影響がないことを示唆
アポトーシス	試験管内での低レベル RF による正常な細胞のアポトーシスへの影響がないことを示唆 試験管内での低レベル RF による腫瘍細胞における前アポトーシスへの影響の証拠は限定的 試験管内での低レベル RF による既知の前アポトーシス因子及び／または遺伝的バックグラウンドとの相互作用の証拠は不十分
増殖、細胞周期	試験管内での低レベル RF による細胞増殖及び細胞周期への影響の証拠は不十分
分化	入手可能な研究が非常に少ないため、証拠は不十分
遺伝子・タンパク質発現	試験管内での低レベル RF によるがん関連遺伝子及びタンパク質発現への影響がないことを示唆

作業分類 2.2 報告書 D5：免疫機能及び内分泌系への影響

- 本報告は、免疫及び内分泌系への RF の影響に的を絞っており、試験管内及び生体内実験室研究の全体的状況についての最新情報を提供し、最近の研究を要約するものである。
- WP2 の全体的な目的を支援し、本報告を政策決定者・リスクコミュニケーション関係者にとってより有用なものとするため、電磁界に関連する影響について証拠の強さに基づく、IARC の発がん性分類に類似した 4 段階の分類（充分、限定的、不充分、影響がないことを示唆）を用いて評価を実施した。評価のまとめを下表に示す。

生体系の種類	影響の証拠（2000～2007 年に刊行された研究に基づく）
免疫系 細胞研究 動物研究	影響がないことを示唆 影響がないことを示唆
内分泌系 メラトニン その他のホルモン	証拠は不充分（加熱がない場合） 証拠は不充分

作業分類 2.2 報告書 D5bis : 血液脳関門、聴覚系、行動、心臓血管系、神経系への影響に関連する実験研究及びプロジェクトの報告

- 本報告は、血液脳関門、聴覚系、行動、心臓血管系、神経系への RF の影響に的を絞っており、試験管内及び生体内実験室研究の全体的状況についての最新情報を提供し、最近の研究を要約するものである。
- WP2 の全体的な目的を支援し、本報告を政策決定者・リスクコミュニケーション関係者にとってより有用なものとするため、電磁界に関連する影響について証拠の強さに基づく、IARC の発がん性分類に類似した 4 段階の分類(充分、限定的、不充分、影響がないことを示唆)を用いて評価を実施した。評価のまとめを下表に示す。

生体系の種類	影響の証拠 (2000~2007 年に刊行された研究に基づく)
血液脳関門 細胞研究 短期的生体内研究 長期的生体内研究	証拠は不充分 影響がないことを示唆 影響がないことを示唆
聴覚系 細胞研究 生体内研究 ヒト研究	証拠は不充分 影響がないことを示唆 影響がないことを示唆
行動 生体内研究：空間記憶及び場所の学習 生体内研究：幼弱動物への影響	証拠は限定的 証拠は不充分
神経系 ヒト研究：脳電図及び神経生理学 ヒト研究：認識及び睡眠 生体内研究	証拠は限定的 証拠は限定的 証拠は不充分
心臓血管系 ヒト研究：血圧 ヒト研究：心電図及び心拍変動 生体内研究	証拠は限定的 証拠は不充分 証拠は不充分



欧州委員会  
新興及び新規に同定された健康リスクに関する科学委員会（SCENIHR）  
「電磁界ばく露の健康影響」

## エグゼクティブ・サマリ

本提言の目的は、新たに入手可能になった情報に照らして 2007 年 3 月 21 日付の SCENIHR の提言を改訂し、最高品質のリスク評価を確実にする上での入手可能な科学的証拠の評価のため、手法上の枠組み、または対応するガイドラインを提示することである。

提言の改訂のため、科学的根拠を確立した。この根拠には、物理学、工学、医学、生物科学からの関連する科学的知見が含まれ、これらを批判的に評価し、要約した。適切な場合には、知識のギャップを強調し、また将来の重要な研究分野についての提案も盛り込んだ。本提言は子供の感受性、特に、子供の RF ばく露のドシメトリ面に関する問題も扱っている。

手法上の枠組みに関する章では、本提言の主に科学的根拠の基礎である、作業手順を要約している。

### 1. 最新情報

#### [無線周波数の界 (RF 界)]

SCENIHR は、科学的根拠に基づいて以前の提言を改訂し、以下のように結論付けている：

最も関心を集めているのは、RF 界へのばく露は発がんに関与しているのかどうかという疑問である。以前の提言では、疫学的知見に基づき、10 年未満の携帯電話使用はがんの発症と関連していない、と明言した。

より長期の使用に関しては、携帯電話を 10 年超にわたって使用してきた人々は少数であることから、推定を示すのは困難であるとした。

その後、追加的な疫学研究が数編公表されている。残念ながら、それらはばく露期間を大幅に拡張するものではない。これらの研究はこの評価を変えるもので

はない。

放送設備からの RF 界と小児がんとの間に関連についての新たな改良された研究は、そのような関連の反証を提示している。

動物研究では、携帯電話からのものに類似した RF 界は、単独でも既知の発がん因子との組み合わせでも、実験室の齧歯類において発がん性を示さなかった。

一部の研究では、より強いばく露レベル（最大 4W/kg）を採用したが、それでも腫瘍の進展への明白な影響はなかった。

更に、遺伝毒性に関する *in vitro* 研究では、DNA 損傷における RF 界ばく露の関与についての証拠を提示できなかった。

3つの独立した系統の証拠（疫学・動物・*in vitro* 研究）から、RF ばく露はヒトにおけるがんの増加につながることはなさそうであると結論付けられた。但し、携帯電話からの RF 界へのヒトのばく露が広まった期間は、幾つかのがんの誘導期間よりも短いので、携帯電話へのかなりの長期間（10年を大幅に上回る）のヒトのばく露が何らかのがんリスクを生じるかも知れないかどうかを確認するためには、更なる研究が必要である。

がん以外のアウトカムに関しては、自覚症状を申告する被験者について複数の研究が実施された。以前の提言では、科学的研究は RF ばく露と自己申告の症状との間の関連に対する支持を提示することはできなかった、と結論付けた。幾つかの新たな研究で RF ばく露と単一の症状との間の関連が示されているものの、全体としては、この知見には一貫性が欠けている。ゆえに、科学的研究は RF 界が自己申告の症状に及ぼす影響についての支持を提示できていないという結論は依然としてそのままである。科学的研究は、*nocebo* 効果（何か有害なものについての予測または信念によって引き起こされる不特定の悪影響）が症状の形成に役割を果たしているかも知れないことを示している。

以前の提言と同様に、症状を RF ばく露のせいにする人々を含む個々人は RF 界



を検出できる、ということをサポートする証拠はない。RF界はヒトの脳電図パターンや睡眠に影響を及ぼすという証拠が幾つかある。但し、その健康についての関連性は不確実で、メカニズム的な説明が欠けている。これらの影響についての更なる研究が必要である。認識機能、感覚機能、構造的安定性、細胞応答のような、神経系の機能／側面についてのその他の研究は、影響がないこと、または一貫性のない影響を示している。

最近の研究では、RF界がヒトまたは動物の生殖及び発育に及ぼす影響は示されていない。新たなデータからは、ヒトの健康に関するその他の影響は何ら示されていない。

リスク評価の観点からは、子供に生じる可能性のあるRF界による影響についての情報は限定的であると認識することが重要である。更に、本報告で考察した疾病以外についての情報が欠けている。

#### [中間周波の界 (IF界)]

特定の分野におけるIF界への職業ばく露は一般公衆のばく露よりもかなり高い。但し、以前の提言以降に発表された、職業的条件における、または一般公衆についての、IFと健康リスクに関する研究は非常に少なく、疫学研究はない。その結果、データは依然として非常に限定的で、適切なリスク評価を行うことができない。

例えばセキュリティ、店舗、及び特定の産業における、作業者のIFへの職業ばく露が増加しているという観点から、この分野における研究に優先順位を与えることが重要である。

#### [超低周波の界 (ELF界)]

SCENIHRは2007年の提言で、ELF界に関する従来結論、即ちELF磁界には発がん性があるかも知れないということは依然として妥当であると結論付けた。また、ELF界と自己申告の症状との間の一貫した関連は示されていないとも結論

付けられた。加えて、乳がんと心臓血管疾患については、関連はなさそうであると見なされた。神経変性疾患と脳腫瘍については、ELF 界との繋がり是不確実なままである。

SCENIHR は、本書に示した科学的根拠に基づいて以前の提言を改訂し、以下のように結論付けている：

入手可能な新たな情報は、2007 年の提言の結論を変更するには充分ではない。

ELF ばく露とがんを扱っている、数編の新たな疫学研究及び動物研究は、ELF 磁界には発がん性があるかも知れず、小児白血病の増加に寄与しているかも知れないという、従来の評価を変更するものではない。今のところ、in vitro 研究ではこの疫学的知見についてのメカニズムの説明は示されていない。

ELF 界と自己申告の症状との間の因果関係を支持する新たな研究はない。

新たな疫学研究で、ELF 界へのばく露によるアルツハイマー病の増加の可能性が示されている。この観察結果についての更なる疫学研究及び実験室研究が必要である。

最近の動物研究では、0.10～1.0mT の磁束密度での神経系への影響についての兆候が示されている。但し、このデータにはまだ一貫性がなく、ヒトの健康影響に関する決定的な結論を導くことはできない。

ELF 界ががん以外の疾病に及ぼす影響を調べた最近の in vitro 研究は非常に少なく、入手可能な研究には重要性がほとんどない。特定の疾病を調べるための仮説に基づく in vitro 研究が必要である。

In vivo 及び in vitro 研究で影響が見られるのは、小児白血病やアルツハイマー病のような疾病との間の関連を示した疫学研究で見られる ELF 界 ( $\mu\text{T}$  のレベル) よりも相当高いばく露レベル (0.10mT 以上) であるということは、注目に値する。このことから、更なる研究が是認される。

## [静電磁界]

SCENIHR は 2007 年の提言で、静磁界に関する適切なリスク評価のためのデータは極めて乏しいと結論付けた。

SCENIHR は、本書に示した科学的根拠に基づいて以前の提言を改訂し、以下のように結論付けている：

前回の提言以来、相当数の研究が公表されているものの、そこから導かれる結論に変更はない：静磁界の適切なリスク評価のためのデータは依然として不十分である。特に、種々雑多な、時として矛盾する多くの研究結果を明確にするため、更なる研究が必要である。

主に急性ばく露による神経機能について、短期的影響が観察されている。但し、数テスラまでの短期的ばく露による健康への持続的な悪影響については、一貫した証拠はない。

## [環境影響]

SCENIHR は、科学的根拠に基づいて以前の提言を改訂し、以下のように結論付けている：

RF、中間周波（IF）、超低周波（ELF）の界への環境ばく露によって生じる可能性のあるリスクの評価の目的には、現行のデータベースは不十分である。

## [研究の勧告]

科学的根拠から、電磁界スペクトルの様々な周波数帯による健康に関連する可能性のある影響について、不十分で矛盾する情報によって特徴付けられた幾つかの分野が特定されている。特定の知識のギャップを埋めることが勧告された。

