
関連総説 教育講演 1**高周波電磁界の生体影響に関する現在の知見
— いわゆる「電磁過敏症」を中心に**宮 城 浩 明¹⁾ 大久保 千代次²⁾

1) 一般財団法人 電気安全環境研究所 電磁界情報センター 専門家ネットワークメンバー

2) 一般財団法人 電気安全環境研究所 電磁界情報センター 所長

**Current knowledge regarding biological effects of
radiofrequency electromagnetic fields - focusing on
so-called “Electromagnetic Hypersensitivity”**

Hiroaki Miyagi, Chiyoji Ohkubo

Japan EMF Information Center, Japan Electrical Safety & Environment Technology laboratories

抄録

携帯電話及び基地局や Wi-Fi 等に用いられる高周波、ならびに電力設備や家電製品等に用いられる超低周波領域の電磁界を発する設備や機器の近くで、「電磁過敏症 (EHS)」と呼ばれる症状を訴える人々の報告が増加している。EHS は、当人は電磁界ばく露が原因だと考えている、頭痛、耳鳴り、吐き気、集中困難、睡眠障害等の自覚症状を特徴とする。これらの症状は、健康に悪影響を生じることが知られている閾値よりも大幅に低いレベルでの電磁界ばく露によって惹起されると主張されているが、その電磁界の周波数、ばく露の継続時間、発生する設備・機器、症状の重症度は、EHS を呈する人々によってばらつきが非常に大きい。電磁界への擬似ばく露も症状のトリガとなり得ることが幾つかの研究で示されていることから、EHS は「ノセボ効果」の結果である、即ち、認知上の電磁界ばく露後の症状の意識的な「予期」が症状の形成または検出につながっている可能性が示唆されている。(臨床環境 28: 57-67, 2019)

《キーワード》 高周波電磁界、電磁過敏症、誘発研究、ノセボ効果、認知行動療法

Abstract

Reports of individuals complaining symptoms, so-called “electromagnetic hypersensitivity (EHS)” in

受付：令和 2 年 1 月 23 日 採用：令和 2 年 3 月 26 日

別刷請求宛先：宮城浩明

一般財団法人 電気安全環境研究所 電磁界情報センター

〒105-0014 東京都港区芝2-9-11 全日電工連会館3階

the vicinity of devices or infrastructure emitting electromagnetic fields (EMF) in radiofrequency (such as mobile phones and their base stations, Wi-Fi) and extremely low frequency (such as electric power facilities and consumer electric appliances) bands, have been increasing. EHS is characterized by subjective symptoms that sufferers attribute to EMF exposure, such as headaches, tinnitus, nausea, difficulty concentrating, and sleep disorders. These symptoms are claimed to be triggered by EMF exposure well below the thresholds known to cause adverse health effects in humans. However, the frequency, duration, the devices claimed to trigger the symptoms, severity of the symptoms vary widely among EHS sufferers. Some studies have found that even sham exposure can trigger symptoms, leading many researchers to suggest that EHS is the result of a “nocebo effect”, where the conscious “expectation” of symptoms following a perceived exposure to EMF leads to the formation or detection of symptoms.

(Jpn J Clin Ecol 28 : 57–67, 2019)

《Key words》 radiofrequency electromagnetic fields, electromagnetic hypersensitivity, provocation study, nocebo effect, cognitive behavior therapy

1. 序文

いわゆる「電磁過敏症 (electromagnetic hypersensitivity : EHS)」の病因については議論の余地が大いにある。電磁波のうち、周波数が0 Hz - 300 GHz の帯域を電磁界という¹⁾が、電磁界に対して過敏であるとする逸話的な報告は増加している一方で、これまでに実施された大多数の観察研究・実験研究では、電磁界ばく露が EHS の症状を生じる、ということを示す証拠は認められていない²⁻⁴⁾。主要な国際的保健機関は一貫して、科学論文の体系的レビューに基づき、一般環境中の電磁界へのばく露に関連付けられるような、確立された健康リスクはない、と結論付けている⁵⁻⁸⁾。WHO のがん研究専門機関である国際がん研究機関 (IARC) は、超低周波及び高周波の電磁界の発がんハザードについて、どちらも「グループ 2B : ヒトに対して発がん性があるかも知れない (possibly carcinogenic to humans)」に分類している^{9,10)}。但し WHO は、超低周波については「全体として、(2B 分類の根拠とされた疫学研究における) 小児白血病に関連する証拠は因果関係と見なせるほど強いものではない」¹¹⁾、高周波については「(2B 分類の根拠とされた疫学研究における) 携帯電話ユーザーにおける神経膠腫及び聴神経鞘腫の増加の証拠は限定的で、その他のがんの増加についての証拠は不十分であ

る」¹²⁾としている。

こうした科学的証拠と、EHS の症状を訴える人々についての逸話的報告との乖離は、電磁界ばく露に関連した潜在的な健康への悪影響について一般公衆に不安を与えるだけでなく、EHS の人々に対する治療と支援の選択肢を制限することにつながっている。EHS の人々の中には、電磁界を発する特定の機器の使用を控えることで自身の症状をコントロールしている人々もいるが、機器の使用を一切排除しても症状が緩和せず、離職や転居に追い込まれる人々もいる。残念なことに、EHS の人々に提示される治療法の中には、相当のコストを要するにもかかわらず、明白な効果がないものもある。また、EHS の人々と接する医療従事者が、EHS の状態とそれに対する適切な支援について初歩的な知識しか持ち合わせていないことがしばしばある。電磁界が症状の原因であるという「患者」の主張を助長したり、逆にそうした症状を新技術に対する心理学的な拒否反応として却下することは、どちらも不適切な対応であり、EHS の人々の状態を慎重に検討する必要がある。

2. 「電磁過敏症」の逸話的証拠

電磁界を利用する機器に対する過敏症についての逸話的報告は、新たな現象ではない。1970年代

後半、画像表示端末 (VDT) を用いる労働者における顔面の皮膚症状が世界各国で報告された¹³⁾。技術革新に伴い、携帯電話やWi-Fi、スマートメーター等の機器に対する過敏症も報告されるようになってきている。これらの症状は、健康に悪影響を及ぼすことが知られている閾値^{14, 15)}よりも大幅に低いレベルの電磁界へのばく露によって惹起されることが主張されている。

世界保健機関 (World Health Organization : WHO) は2004年、報告されている症状の発生において電磁界が因果的役割を果たしているという暗示を避けるため、EHSに代えて「電磁界を原因と考える本態性環境不耐症 (idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields : IEI-EMF)」という呼称を用いることを提案した¹³⁾。IEIは、多種化学物質過敏症 (multiple chemical sensitivity : MCS) に対して先行的に導入された用語で、化学物質による病因論や免疫学的感受性を仮定していない。しかしながら、このWHOの提案にもかかわらず、実験研究及び横断的研究のレビュー¹⁶⁾によれば、調査対象の研究のうちIEI-EMFを採用していたのは僅か1%で、残りの大多数の研究は、”hypersensitivity to EMF”, “EHS”, “electrosensitivity”を用いていた。本稿では便宜上、「電磁過敏症」またはEHSを用いるが、EHSの人々の症状は電磁界ばく露が原因であるということを認めるものではない点に留意されたい。

現時点では、EHSの人々を同定できる確立さ

れた診断基準はないため、その有症率を確認することは困難である。この状態を調査した研究において一般的に用いられている包含基準は、自身をEHSであると同定していること、または自身の健康問題は電磁界ばく露によると報告していることである。自身の健康問題を電磁界ばく露によるとしている人々が皆、自身を「EHSである」と同定しているわけではないという証拠がある^{17, 18)}ものの、EHSの有症率の推定を試みた研究が幾つかある (表1)。この表におけるEHSの有症率の違いは、実際の有症率の違いではなく、アンケートの設問や調査の実施時期の違いを反映したものである可能性があり、この表の数値は過大評価あるいは過小評価かも知れないことから、その扱いには注意を要する。

EHSに関しては、多くの事例研究及び横断的調査が発表されており、そこでは様々な電磁界発生源が原因とされる各種症状が記述されている。これらの研究では、EHSの人々の日常的な経験についての重要な洞察が示されている。

横断的調査のデータから、EHSは様々な皮膚科学、神経衰弱、自律神経、気分症状で特徴付けられていることが明らかにされている。報告されている典型的な症状には、頭痛、吐き気、皮膚刺激、耳鳴り、倦怠感、鈍痛、集中困難がある。EHSの人々は、携帯電話及び基地局、コードレス電話、パーソナルコンピュータ、送配電線・変電所等の電力設備、家電製品等、各種の電磁界発生源に対して症状を報告している。EHSの人々

表1 EHSの有症率の推定

国・地域	有症率 (%)	出典
スウェーデン	1.5	Hillert et al. (2002) ¹⁹⁾
米国カリフォルニア州	3.2	Levallois et al. (2002) ²⁰⁾
オーストリア	3.5	Schröttner and Leitgeb (2008) ²¹⁾
オランダ	3.5	Baliatsas et al. (2015) ²²⁾
英国	4.0	Eltiti et al. (2007) ²³⁾
台湾	4.6	Huang et al. (2018) ²⁴⁾
スイス	5.0	Schreier et al. (2006) ²⁵⁾
ドイツ	~10	Blettner et al. (2009) ²⁶⁾
台湾	13.3	Tseng et al. (2011) ²⁷⁾

が症状の原因と考える発生源は、特定のもの（例えば、携帯電話基地局）であることもあれば、あらゆるものであることもある。また、自身が既に症状を経験している場合、発症のトリガとなったと考える発生源と、症状を生じると考える発生源が異なることもある^{12, 18, 28)}。

EHSは極めて不均一な状態であることを示す研究もある。EHSの人々が呈する症状の種類、頻度、重症度、発症及び沈静化までの期間は個人差が非常に大きい。例えば、携帯電話を自身で使用する、または使用する人の近くにいる場合に、短期的な急性症状を呈する人々もいれば、各種の発生源からのばく露の蓄積によるものと彼らが主張するところの、より長期的な衰弱症状を報告する人々もいる^{28, 29)}。

EHSの人々が報告する典型的な症状の多くは、MCS、ならびに一般公衆に見られるその他の多くの疾患と重複している、という点に注意することが重要である。例えば、睡眠、皮膚、集中困難、頭痛、神経質、吐き気、及びその他の非特異的症狀は、甲状腺機能障害、肝疾患、貧血、腎臓疾患、慢性炎症においても見られる³⁰⁾。とりわけ、自身をEHSであると同定する人々は、健康な人々と比較して、その他の様々な不快な要因（例えば、動物の毛、花粉、ハウスダスト、ダニ、カビ、一部の食品、グルテン、アマルガム等の歯科用充填剤、ニッケル、化粧品等）に対する過敏症、更には近隣・換気空調機器・道路交通からの騒音、臭気等による迷惑を受けていることを報告する割合が有意に多い¹⁹⁾。

EHSの人々は、身体症状の経験とは別に、自身の生活が社会的・精神的・機能的・経済的に相当の制約を受けていると報告する傾向がある。また、苦痛のレベルが高く、保健サービスの利用が多く、「より安全」または「電磁界がより弱い」と自身が考える地域への転居が多く、部分的または完全に就労できなくなることがある^{4, 17, 28, 31, 32)}。

EHSの人々が苛まれている症状は、電磁界ばく露がその原因であるかどうかを判定する必要がある。但し、電磁界発生源が症状の原因だとする彼らの主張についての逸話的報告は、電磁界との

因果関係の存在に対する回答にはなり得ない²⁹⁾。上述の研究の大半では、電磁界ばく露の測定は実施されておらず、後ろ向きの自己申告は想起バイアスを生じることが知られている³³⁾。更に、これらの研究は、症状は電磁界そのものではなく、電磁界が原因であるという「信念」が原因かも知れない³⁴⁾という可能性を考慮していない。しかしながら、個別事例を特徴付けることで、関連性及び因果関係についての仮説を提唱し、疫学研究及び誘発研究でそれぞれ検証することができる。

3. 「電磁過敏症」の客観的証拠

3.1 電磁界ばく露との関連を扱った研究（疫学研究）

疫学研究では、日常生活における個々人（自身が電磁界ばく露に対して過敏であると信じている場合もあれば、そうでない場合もある）のばく露量を推定することで、報告されている非特異的症狀の種類、頻度、重症度とばく露との関連を見出すことを目的としている。これらの研究の多くは、携帯電話基地局から発せられる高周波（RF）電磁界と症状との関連を調査している。実験研究に対する疫学研究の利点の一つは、通常的生活条件下での多くのサンプルについて、より長期間のばく露と症状の調査が可能である点である。実際に、多くの疫学研究が実施されているが、その手法と結果はばらつきが大きい。

症状と電磁界ばく露との有意な関連を報告した研究が2報ある。Hutter et al.³⁵⁾は、10か所の携帯電話基地局の近隣住民の大規模サンプルにおいて、ばく露レベルと頭痛のスコアと関連を見出した。同様に、Abdel-Rassoul et al.³⁶⁾は、基地局の近隣住民または近隣での労働者のサンプルでは、マッチングした対照群と比較して、頭痛等の症状を含む精神神経医学的な不調の有症率がより高いことを見出した。但し、症状の報告と実際のばく露との関連を評価した研究の大半は、有意な関連を示すことができていない²⁾。

疫学研究は、EHSの逸話的報告と、報告されている症状の発症における電磁界ばく露の因果的役割を調べる実験研究との間のギャップを埋める

ことを意図しているが、疫学研究には特にばく露の特徴付けに関して深刻な方法論的限界がある。多くの研究は、個人がどの程度ばく露されていたかを推定する際に、過去のばく露履歴の再構築、またはばく露発生源までの個人々の認知上の距離に依存しているが、これは想起バイアスを生じる傾向があり、また人々がばく露される近傍界と遠方界の違いを考慮していないことがしばしばある²²⁾。この分野の体系的レビュー²⁾により、粗野なばく露評価を用いた疫学研究では健康影響が示されるが、より洗練されたばく露測定を用いた研究では関連はほとんど示されない、ということが明らかになった。より洗練されたばく露の特徴付けのための方法には、スポット測定や個人用ばく露メーターの利用が含まれる。但し、これらにも限界はある。スポット測定では特定の場所と時間におけるばく露についての情報しか得られず、個人用ばく露メーターは較正、身体による遮へい効果、参加者がばく露レベルを知ることによる行動の変化に関連したバイアス等の多くの要因に影響され得る²²⁾。結果的に、疫学研究では質とアウトカムの両方においてばらつきが大きく、これらの研究に関連した限界のため、電磁界ばく露が非特異的症状または EHS そのものと関連しているかどうかを結論付けることは困難である。

3.2 電磁界ばく露との因果関係を扱った研究 (誘発研究)

誘発研究は、電磁界の存在が、EHS を呈する人々の症状のトリガとなるかどうかを検証するための強力な方法の一つである。誘発研究は、ボランティア被験者がコントロールされた条件下で電磁界への実ばく露と擬似ばく露を受ける研究で、被験者と研究実施者がどちらもばく露条件について知らされない二重盲検法を用いることが望ましい。誘発研究は一般的に、EHS を呈する人々は症状のない人々よりも電磁界をより高精度で検出できるかどうか、EHS を呈する人々は実ばく露条件では擬似ばく露条件よりも電磁界の存在に反応して症状が増加するかどうか、を調べる。また、EHS の人々がそれに対して過敏であると報告す

ることが多い特定の種類の技術、例えば携帯電話技術に関連した電磁界ばく露への反応を調べる。

過去20年間に実施された誘発研究は全体として、携帯電話または基地局からのばく露と、症状の発症及び重症度、安寧、ならびに各種の生理学的及び認知的パラメータを含む尺度との関連の証拠を見出すことができていない²⁻⁴⁾。擬似ばく露も症状のトリガとなり得ることが幾つかの研究で示されていることから、多くの研究者が、EHS はノセボ効果の結果である、即ち、認知上の電磁界ばく露後の症状の意識的な「予期」が症状の形成または検出につながっている可能性がある、と示唆するに至っている^{4, 36, 37)}。

EHS 群において有意な影響を見出した少数の誘発研究では、多重有意性検定を考慮していない、カウンターバランス化が適切でない、被験者または研究実施者を盲検化していない等の方法論的な問題が、しばしば結果に交絡しているとの指摘がある⁴⁾。より大規模なサンプルではそうした結果が再現されないことは、これらの交絡因子で説明できる。例えば、Hillert et al.³⁸⁾は、EHS 群と非 EHS 群 (実際に症状を訴えている群と、訴えていない群) を対象に、RF 電磁界ばく露と擬似ばく露 (実際の電磁界ばく露は行わない) を二重盲検、クロスオーバーのデザインで行った。その結果、両群ともに偶然以上の精度で RF 電磁界ばく露を検知できなかった。全体として擬似ばく露よりも RF 電磁界ばく露の後に頭痛症状を訴える頻度が有意に高かったが、これは主に非 EHS 群において頭痛の頻度の増加が見られたことによるものであった。加えて、Kwon et al.³⁹⁾は、2人の EHS 被験者が実ばく露条件を高精度で検出できたと報告したが、その6か月後の再試験で同じ2人の被験者が先行結果を再現できなかったことから、先行結果は生体電磁気学的現象とは無関係であると示唆されている。更に、Nieto-Hernandez et al.⁴⁰⁾は、連続波信号へのばく露後の EHS 群での頭痛及び集中困難のスコア上昇、非 EHS 群での頭痛及び倦怠感のレベル上昇、ならびにパルス波ばく露後の EHS 群での集中困難を報告した。但し、これらの結果は複数のエン

ドポイントを比較したことによって偶然生じたものであることが示唆された。また、McCarty et al.⁴¹⁾は、EHSの被験者の症状は主に実ばく露から擬似ばく露への切替え時の過渡電磁界によって生じると報告した。しかし、これは統計上の偶然の影響を考慮しておらず、この結果は再現されなかった⁴²⁾。

これまでの誘発研究の結果は、EHSの人々によって報告されている症状が電磁界ばく露によって生じるという証拠を示していない。しかしながら、疫学研究と同様に、誘発研究にも複数の方法論的限界があり、誘発研究がばく露の影響を見出すことができない理由はこれらによって説明できる。そうした限界の一つは被験者の募集である。人口集団にEHSのサブグループが存在するかどうかはほとんど知られておらず、誘発研究の被験者には電磁界に過敏な人々と、電磁界とは無関係の条件に苛まれている人々の両方が含まれていた可能性がある。対象の混在によりデータに大量のノイズを生じ、それが統計的検出力を低下させ、何らかの実際の影響を覆い隠してしまったのかも知れない。

もう一つの論点として、誘発研究を実施した環境が、EHSの人々が症状を報告する環境を反映していたかどうかがある。誘発研究はしばしば、特別製のチャンバー（小部屋）を備えた研究所で実施されるが、そこではバックグラウンドの電磁界が遮へいされている。このことは、実際の影響を検出する機会を高めると考えられるが、環境中に存在する重要な相乗的要因を潜在的に除外してしまう可能性がある。研究所での実験によって不安が高まり、これが結果を覆い隠してしまうことがあり得る。被験者は実験セッションに向かう途中で、他の電磁界ばく露に遭遇し、これが偶発的に症状のトリガとなっていたかも知れない^{4, 43)}。このことも、潜在的影響を覆い隠してしまう可能性がある。

多くの誘発研究ではシミュレートしたRF信号が用いられていることに関しても批判がある⁴⁴⁾。但し、これまでの証拠は、誘発研究ではばく露の類似性やばく露の状態に関わらずに同様の症状が

惹起されており、シミュレートしたRF信号の使用は重要な交絡因子ではないことを示唆している。

3.3 EHSの生理学的・心理学的特徴を扱った研究

EHS群は健康な対照群と異なるかどうかを調べるため、電磁界ばく露に関する尺度ではなく、両群間の生理学的、神経生物学的及び心理学的相違点について評価した研究が幾つかある。例えば、EHSは行動特性、認知戦略、神経系の脆弱性、遺伝的バックグラウンド、及びその他の環境要因（これには電磁界ばく露が含まれるかも知れないし、含まれないかも知れない）の複雑な相互作用であるかも知れない。

EHS群と健康な対照群では、中枢神経系及び自律神経系の機能の幾つかの尺度が異なることが観察されている^{45, 46)}。また、その他の個人的及び外的要因に加えて、神経生物学的素因も、EHSの人々における症状の発現に寄与しているという報告^{43, 44)}もある。EHSの人々は特定の機能障害認知を呈し、大うつ病、全般性不安障害、身体表現性障害等の多くの精神医学的症状の併発率が有意に高く、現代的な健康不安のレベルが高いことも示されている^{32, 47, 48)}。更に、携帯電話RFへの擬似ばく露後に、痛覚が関与する脳領域での皮質活動の有意な変化や、不快感の経験が観察されている⁴⁹⁾。

EHSは複雑な症状で、現在の科学的モデルでは適切に理解されていないことは明白である。この症状の有症率の上昇は、電磁界ばく露はヒトに対して具体的な健康リスクを生じないという概念と相容れない。疫学研究では電磁界ばく露とEHSの症状との関連の証拠は示されておらず、誘発研究ではEHSの人々が報告する症状は電磁界ばく露によって生じるという証拠を示していない。また、EHSはノセボ効果によって説明できることを示す証拠がある。しかしながら、複数の方法論的な限界と、ノセボ効果についての理解が欠如していることから、電磁界ばく露はEHSにおいて役割を担っていないと結論付けるのは時期

尚早であり、科学の現状を要約すれば、「EHS が電磁界と関連しているという証拠を提示できていない」ということになる。EHS の人々と健康な集団では、神経生物学的、生理学的及び心理学的特徴に幾つかの興味深い相違が認められているが、これらを「科学的に確立された」ものとして扱うには、更なる探究と再現が必要である。

4. 治療及び介入戦略

現時点では低レベルの電磁界ばく露と健康への悪影響との関連はないことから、EHS の治療は困難であるが、EHS とその症状の管理において推奨されている多くのアプローチがある。

4.1 ばく露の低減

電磁界ばく露と EHS との関連についての証拠はないにもかかわらず、EHS の人々が採用している最も一般的な治療戦略の一つは、ばく露の低減である。多くの種類の介入がある中で、以下のものがより一般的である。それぞれの介入について低減効果の可能性と、考えられる問題点をあげる。

介入法の第一として部屋及び建物の遮へいがある。金属を含有する塗料及びファラデーケージ(導体性のかご状の構造物。外部からの電界は遮断され、内部では電界が等しくなる)の構築により、部屋及び建物を遮へいすることができる。この方法は効果的となり得るが、コストが非常に高い。

また個人用の機器に対する遮へいを目的とする製品の使用も介入のひとつである。例えば機器から放射される電磁界へのばく露を低減または排除することを謳い文句にしている防護目的のカバーやステッカーがしばしばある。但し、この方法は機器からの電磁波防護に対しては逆効果となりうる。例えば、携帯電話から発せられる RF 電磁界に対し、そうした防護カバーやステッカーが効果的であるならば、基地局との接続に RF 電磁界を必要とする携帯電話は機能しなくなるか、接続障害を克服するために携帯電話がより送信電力を高め、結果的にばく露は増加することになる^{50,51)}。

EHS の人々が電磁界から身体を遮へいするための選択肢として、防護用の衣類の着用または防護用の生地の使用がある。そうした生地には金属製の糸が編み込まれており、それを着用することで、進退の周囲にある程度のファラデーケージを構築する。これは効果的となり得るが、そのような衣類や生地で身体及び顔面全体を覆う必要がある。そのような素材の有効性を検証するため、Leitgeb et al.⁵¹⁾は、近隣の携帯電話基地局からの RF 電磁界ばく露による睡眠障害を訴える EHS の人々を対象に、金属製の網、擬似的な(金属製ではない)網、網なしの条件で、睡眠の質及び体調不良への影響を調べた。その結果、3人の被験者が、防護用の網の使用に関連すると見られる睡眠の質の改善を報告した。但し、後にこの被験者らは網の条件の盲検化を見破ることができたことがわかった。別の7人の被験者が、擬似的な網の使用後に睡眠の質の改善を報告し、ノセボ効果の可能性が示された。しかしながら、大多数の被験者については、網の条件にかかわらず、睡眠のパラメータに変化は認められなかった。

また農村地域へ転居するという介入が採用される場合もある。EHS の人々の間では、農村地域への転居が増加している。そうした地域では一般的に、大都市部よりも社会基盤がさほど整備されておらず、電磁界ばく露レベルが低いと認識されることがしばしばあるが、実際にはそうとは限らない。更に、転居によって従来の人間関係が断ち切られることで、社会的な孤立や経済的負担につながる可能性がある。

ばく露低減は多くの EHS の人々に採用されており、最近の調査では回答者の76%が何らかの対策を講じていると回答している³¹⁾。回答の中で最も一般的な方法は、携帯電話やパーソナルコンピュータの使用を避けることと、都市部の外への転居であった。但し、EHS の人々はばく露低減が症状軽減のための最も効果的な対策であると信じていた²⁸⁾が、ばく露を制御した試験ではそうした効果の証拠は得られていない。更に、転居に関連した結果を考慮することが重要である。上述のように、転居には相当の経済的コストがかかり、

社会的孤立につながる可能性がある。最も懸念されるのは、EHSの人々が世話をする人々（子ども等）への潜在的影響である。実際に、EHSの人々の中には、ばく露低減のために自分の子どもを学校に通わせないと報告している人々もいる⁵²⁻⁵⁴。このため、ばく露低減を意図した対策の負の結果や、RF電磁界が存在しない場合にも症状が生じ得ることが一部の研究で示されていること^{37, 43})に鑑みれば、他の選択肢の方がより望ましいと考える。

4.2 ばく露低減に対する政府の勧告

多くの政府や公衆衛生機関が、携帯電話及びその他の無線機器からのRF電磁界へのばく露を低減する方法についての勧告を提示している。例えば、電磁界を発生する機器と身体との間隔を取ること（携帯電話を使用する際にはイヤホンマイクやスピーカーモードを使う、人々が多くの時間を過ごす場所へのWi-Fiルータの設置を避ける等）、可能な限り有線接続を使うこと、携帯電話での通話は受信感度が良好な場所で行うこと、機器の使用時間を減らすこと、がある^{50, 55}。これらの方法はいずれも電磁界ばく露の低減に効果的である。

4.3 症状の治療

医学的評価が徹底的に実施され、症状の原因が同定できない場合、症状の治療をアプローチの一つとすることが望ましい。EHSの症状の治療には幾つかの方法があり、そうした治療の効能の評価を可能にする様々な証拠が多数ある。

(1) 認知行動療法

認知行動療法 (cognitive behavior therapy : CBT) は、役に立たない、または不健康な思考及び行動を変化させるための心理療法の一つである。CBTは差し迫った問題の治療に焦点を当てて個別化されたアプローチであるが、自身の人生についての幸福感や満足感を阻害する思考及び行動を切り替えるための長期的な戦略の策定をも意図している。CBTはうつ病や不安等の様々な心理学的問題に対して選択される治療であるが、慢

性疼痛や副作用（例えば、がんの治療のための化学療法に伴う吐き気）等の体性症状の軽減にも広く用いられている⁵⁶。

解釈や記憶は自身の信念によるバイアスを受ける。Witthöft and Rubin⁵⁷)は、メディア報道を通じて電磁界ばく露に対する負の信念を誘導すると、被験者が症状を経験し、擬似ばく露後に見かけ上の感受性を呈する頻度が高まることを示している。その他の複数の研究でも、電磁界にばく露されているという信念が、EHSの人々における症状のトリガとなり得ることが示唆されている。このことや、医学的に説明できないその他の症状の治療においてCBTが効果的であるという事実⁵⁸⁻⁶¹)に鑑みれば、CBTはEHSの治療のための適切なアプローチとなり得る。

但し、EHSの人々の治療におけるCBTの効果を評価した研究は少ない。フィンランドにおけるアンケート調査では、心理療法の有意な便益は認められなかった³¹。一方、複数の臨床試験では、EHSの人々に対してCBTが有効であることが示されている⁴³。例えば、EHSの人々の症状を克服するための方法として、自身の症状は電磁界が原因であるという信念に立ち向かい、電磁界とは無関係の説明を検証するよう奨励するためにCBTを用いた研究^{43, 62-64})では、過敏症であるという自己評価、障害、症状、苦痛の全体的な認知及び程度が減少したことが報告されている。現時点では、電磁界が症状の原因であるという信念とは独立した形で、症状の軽減にCBTを用いることを評価した研究はないが、そうした研究が有益なアプローチであることが証明される可能性がある。

(2) 医療的／代替医療的介入

EHSの人々に対する治療のための選択肢として、選択的セロトニン再取り込み阻害薬 (selective serotonin reuptake inhibitor : SSRI、一般的にうつ病や不安障害に用いられる) またはベータアドレナリン遮断薬 (一般的に心臓疾患や不安に用いられる) 等の薬剤を用いた症状の治療が示唆されている⁴³。彼らの症状を直接的な標的とするそ

のような治療は理論的には機能し得るが、臨床試験は実施されていない。

その他のアプローチとして、主に抗酸化剤サプリメントや鍼治療が調べられている。但し、その他の多くの介入措置と同様に、どちらのアプローチについても EHS における効果は認められていない⁴³⁾。

EHS の治療のために多くの戦略が提案されているが、大半の療法は適切な効果を示すことができず、中には逆効果であることが証明されているものもある⁴³⁾。EHS の人々を自身の信念に立ち向かわせるための CBT の利用が有益なアプローチとなり得ることが示唆されている⁴³⁾。現時点では EHS の治療に関する証拠は非常に限定的で、より明確な臨床的助言及び勧告を提示するため、更なる研究が必要である。

利益相反

なし

引用文献

- 1) 環境省「身のまわりの電磁界について」<https://www.env.go.jp/chemi/electric/material/minomawari.pdf> (2019.12.27)
- 2) Röösl M, Frei P, et al. Systematic review on the health effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields from mobile phone base stations. *Bulletin of the World Health Organization* 88: 887-896, 2010
- 3) Rubin GJ, Das Munshi J, Wessely S. Electromagnetic hypersensitivity: A systematic review of provocation studies. *Psychosom Med* 67: 224-232, 2005.
- 4) Rubin GJ, Nieto-Hernandez R, Wessely S. Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (formerly 'electromagnetic hypersensitivity'): an updated systematic review of provocation studies. *Bioelectromagnetics* 31: 1-11, 2010.
- 5) Health Canada. Safety Code 6: Limits of human exposure to radiofrequency electromagnetic energy in the frequency range from 3 kHz to 300 GHz. Canada: Consumer and Clinical Radiation Protection Bureau.
- 6) Health Council of the Netherlands. Electromagnetic fields; Annual update 2008. The Hague: Health Council of the Netherlands. Report nr 2009/02, 2009.
- 7) Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). Health effects of exposure to EMF. Brussels: European Commission Directorate-General for Health and Consumers. 2009.
- 8) World Health Organization. Fact Sheet No.193: Electromagnetic fields and public health: Mobile phones. 2014.
- 9) International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 80: Non-ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields. Lyon, France, 2002.
- 10) International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 102: Non-ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields. Lyon, France, 2013.
- 11) 世界保健機関 (WHO), ファクトシート No.322, 電磁界と公衆衛生: 超低周波の電磁界へのばく露, 2007. http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs322_ELF_fields_japaneseV2.pdf (2019.12.27)
- 12) 世界保健機関 (WHO), ファクトシート No.193, 電磁界と公衆衛生: 携帯電話, 2014. http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/FS193_Japan_Revised_Oct2014.pdf (2019.12.27)
- 13) World Health Organization. Workshop on electromagnetic hypersensitivity, October 25-27. Prague, Czech Republic. 2004.
- 14) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys* 74: 494-522, 1998.
- 15) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz). *Health Phys* 99: 818-836, 2010.
- 16) Baliatsas C, Van Kamp I, et al. Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF): a systematic review of identifying criteria. *BMC Public Health* 12: 634-643, 2012.
- 17) Kato Y, Johansson O. Reported functional impairments of electrohypersensitive Japanese: a questionnaire survey. *Pathophysiology* 19: 95-100, 2012.
- 18) Schüz J, Petters C, et al. The "Mainzer EMF-Wachhund": results from a watchdog project on self-reported health complaints attributed to exposure to electromagnetic fields. *Bioelectromagnetics* 27: 280-

- 287, 2006.
- 19) Hillert L, Berglind N, et al. Prevalence of self-reported hypersensitivity to electric or magnetic fields in population-based questionnaire survey. *Scand J Work Environ Health* 28: 33-41, 2002.
 - 20) Levallois P, Neutra R, et al. Study of self-reported hypersensitivity to electromagnetic fields in California. *Environ Health Perspect* 110: 619-623, 2002.
 - 21) Schröttner J, Leitgeb N. Sensitivity to electricity: temporal changes in Austria. *BMC Public Health* 8: 301-310, 2008.
 - 22) Baliatsas C, Bolte J, et al. Actual and perceived exposure to electromagnetic fields and non-specific physical symptoms: an epidemiological study based on self-reported data and electronic medical records. *Int J Hygiene Environ Health* 218: 331-344, 2015.
 - 23) Eltiti S, Wallace D, et al. Development and evaluation of the electromagnetic hypersensitivity questionnaire. *Bioelectromagnetics* 28: 137-151, 2007.
 - 24) Huang PC, Cheng MT, et al. Representative survey on idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields in Taiwan and comparison with the international literature. *Environ Health* 17(1): 5, 2018.
 - 25) Schreier N, Huss A, et al. The prevalence of symptoms attributed to electromagnetic field exposure: a cross-sectional representative survey in Switzerland. *Soz Präventivmed* 51: 202-209, 2006.
 - 26) Blettner M, Schlehofer B, et al. Mobile phone base stations and adverse health effects: phase 1 of a population-based, cross-sectional study in Germany. *Occup Environ Med* 66: 118-123, 2009.
 - 27) Tseng MCM, Lin YP, et al. Prevalence and psychiatric comorbidity of self-reported electromagnetic field sensitivity in Taiwan: a population-based study. *J Formos Med Assoc* 110: 63-641, 2011.
 - 28) Rööslä M, Moser M, et al. Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure – a questionnaire survey. *Int J Hyg Environ Health* 207: 141-150, 2004.
 - 29) Hocking B. Preliminary report: symptoms associated with mobile phone use. *Occup Med* 48: 357-360, 1998.
 - 30) Dahmen N, Ghezel-Ahmadi D, et al. Blood laboratory findings in patients suffering from self-perceived electromagnetic hypersensitivity (EHS). *Bioelectromagnetics* 30: 299-306, 2009.
 - 31) Hagström M, Auranen J, et al. Electromagnetic hypersensitive Finns: symptoms, perceived sources and treatments, a questionnaire study. *Pathophysiology* 20: 117-122, 2013.
 - 32) Johansson A, Nordin S, et al. Symptoms, personality traits, and stress in people with mobile phone-related symptoms and electromagnetic hypersensitivity. *J Psychosom Res* 68: 37-45, 2010.
 - 33) Vrijheid M, Armstrong BK, et al. Recall bias in the assessment of exposure to mobile phones. *J Exposure Science Environ Epidemiol* 19: 369-381, 2009.
 - 34) Szemerszky R, Köteles F, et al. Polluted place or polluted minds? An experimental sham-exposure study on background psychological factors of symptom formation in 'idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields'. *Int J Hyg Environ Health* 213: 387-394, 2010.
 - 35) Hutter HP, Moshhammer H, et al. Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations. *Occup Environ Med* 63: 307-313, 2006.
 - 36) Abdel-Rassoul G, El-Fateh OA, et al. Neurobehavioral effects among inhabitants around mobile phone base stations. *Neurotoxicology* 28: 434-440, 2007.
 - 36) Landgrebe M, Barta W, et al. Neuronal correlates of symptom formation in functional somatic syndromes: a fMRI study. *NeuroImage* 41: 1336-1344, 2008.
 - 37) Oftedal G, Straume A, et al. Mobile phone headache: a double blind, sham-controlled provocation study. *Cephalalgia: Int J Headache* 27: 447-455, 2007.
 - 38) Hillert, Alerstedt, et al. The effects of 884 MHz GSM wireless communication signals on headache and other symptoms: an experimental provocation study. *Bioelectromagnetics* 29: 185-196, 2008.
 - 39) Kwon MS, Koivisto M, et al. Perception of the electromagnetic field emitted by a mobile phone. *Bioelectromagnetics* 29: 154-159, 2008.
 - 40) Nieto-Hernandez R, Williams J, et al. Can exposure to a terrestrial trunked radio (TETRA)-like signal cause symptoms? A randomised double-blind provocation study. *Occup Environ Med* 68:339-344, 2011.
 - 41) McCarty DE, Carrubba S, et al. Electromagnetic hypersensitivity: evidence for a novel neurological syndrome. *Int J Neuroscience* 121: 670-676, 2011.
 - 42) Rubin GJ, Cleare AJ, et al. Letter to the editor: electromagnetic hypersensitivity. *Int J Neuroscience* 122: 401-401, 2011.
 - 43) Rubin GJ, Das Munshi J, et al. A systematic review of treatments for electromagnetic hypersensitivity.

- Psychother Psychosom 75: 12-18, 2006.
- 44) Panagopoulos DJ, Johansson O, et al. Real versus simulated mobile phone exposures in experimental studies. *BioMed Research International* 2015: Article ID 607053 8 pages, 2015. doi.org/10.1155/2015/607053.
 - 45) Lyskov E, Sandström M, et al. Neurophysiological study of patients with perceived 'electromagnetic hypersensitivity'. *Int J Psychophysiol* 42: 233-241, 2001.
 - 46) Sandström M, Lyskov E, et al. Neurophysiological effects of flickering light in patients with perceived electrical hypersensitivity. *J Occup Environ Med* 39: 15-22, 1997.
 - 47) Landgrebe M, Hauser S, et al. Altered cortical excitability in subjectively electrosensitive patients: results of a pilot study. *J Psychosom Res* 62: 283-288, 2007.
 - 48) Rubin GJ, Cleare A, et al. Psychological factors associated with self-reported sensitivity to mobile phones. *J Psychosom Res* 64: 1-9, 2008.
 - 49) Landgrebe M, Frick U, et al. Cognitive and neurobiological alterations in electromagnetic hypersensitive patients: results of a case-control study. *Psychol Med* 38: 1781-1791, 2008.
 - 50) Food and Drug Administration (FDA). Reducing Exposure: Hands-free Kits and Other Accessories. <https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/cell-phones/reducing-exposure-hands-free-kits-and-other-accessories> (2019.12.27)
 - 51) Leitgeb N, Cech R, et al. EMF-protection sleep study near mobile phone base stations. *EMF-Protektions-Schlafstudie in der Nahe von Mobilfunk-Basisstationen* 12: 234-243, 2008.
 - 52) Lee VE. Using hierarchical linear modeling to study social contexts: the case of school effects. *Educ Psychol* 35: 125-141, 2000.
 - 53) Parcel TL, Dufur MJ. Capital at home and at school: effects on child social adjustment. *J Marriage Fam* 63: 32-47, 2001.
 - 54) Stevens RJ, Slavin RE. The cooperative elementary school: effects on students' achievement, attitudes, and social relations. *Am Educational Res J* 32: 321-351, 1995.
 - 55) Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA). How to reduce exposure from mobile phones and other wireless devices. <https://www.arpansa.gov.au/understanding-radiation/radiation-sources/more-radiation-sources/reducing-exposure-to-mobile-phones> (2019.12.27)
 - 56) Neenan M, Dryden W. 100 Key Points: Cognitive Behaviour Therapy: 100 Key Points and Techniques, 2nd edition. Florence, Taylor and Francis, 2014.
 - 57) Witthöft M, Rubin GJ. Are media warnings about the adverse health effects of modern life self-fulfilling? An experimental study on idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF). *J Psychosom Res* 74: 206-212, 2013.
 - 58) Edwards TM, Stern A, et al. The treatment of patients with medically unexplained symptoms in primary care: a review of the literature. *Ment Health Fam Med* 7: 209-221, 2010.
 - 59) Escobar JI, Gara MA, et al. Effectiveness of a time-limited cognitive behavior therapy type intervention among primary care patients with medically unexplained symptoms. *Ann Fam Med* 5: 328-335, 2007.
 - 60) Sharpe M, Hawton K, et al. Cognitive behaviour therapy for the chronic fatigue syndrome: a randomized controlled trial. *Br Med J* 312: 22-26, 1996.
 - 61) Speckens AE, van Hemert AM, et al. Cognitive behavioural therapy for medically unexplained physical symptoms: a randomised controlled trial. *Br Med J* 311: 1328-1332, 1995.
 - 62) Hillert L, Arnetz BB, et al. Cognitive behavioural therapy for patients with electric sensitivity - a multidisciplinary approach in a controlled study. *Psychother Psychosom* 67: 302-310, 1998.
 - 63) Andersson B, Melin L, et al. A cognitive-behavioral treatment of patients suffering from 'electric hypersensitivity': subjective effects and reactions in a double-blind provocation study. *J Occup Environ Med* 38: 752-758, 1996.
 - 64) Harlacher U. Electric hypersensitivity: an explanatory model, some characteristics of sufferers and effects of psychological treatment with cognitive behavioural methods. University of Lund, 1998.