

原著論文

電磁界 (EMF) の健康影響はどのように認識されているか

How do we perceive the health risk related to electromagnetic fields?

近畿大学理工学部生命科学科

巽純子

Junko Tatsumi

要旨

電気機器類の増加および通信技術の進展に伴い、電磁界 (EMF) 源の数と多様性が増加している。そこで本研究では現在、EMFのリスクがどのように認識されているか、他の環境要因のリスク評価も含め、健康影響の認識など13の設問を質問紙法によって調査した。対象は796名の学生 (文系395名、理系379名)、一般市民170名、専門家 (放射線、電力に携わる人) 108名の合計1074名であった。これらの各集団において46項目の環境要因について7を最大として7段階で恐怖度合いを評価してもらった。また、EMFに対するリスク認識は、性別、健康問題の経験の有無、専門性などの要因で変わるかどうかについて解析検討を行った。その結果、各集団においてEMFに限らず、女性の方が多くの環境項目のリスク評価を高く見積もる傾向があり、動力線のEMFのリスク評価は一般市民女性の4.0が最も高く、専門家の1.9が最も低く2倍の違いがあった。また、EMFへの恐怖は家電や携帯電話の使用にあたって身体に異常を感じた経験に基づいている可能性があることもわかった。EMFは我々の生活の場の身近な存在であり、情報が氾濫する現代でEMFを過大評価または過小評価することなく、健康影響が生じない周波数、時間で使用するための指導啓発が必要なのではないかと考える。

Abstract

With the widespread use of domestic appliances and rapidly developing in wi-fi technology, the variety and the number of electromagnetic sources are increasing. This study aim is to provide risk perception data related to electromagnetic fields (EMF) arising from power lines, domestic appliances, and mobile phones, and to compare the risk perception related to EMF with other environmental objects. We administered a questionnaire concerning risk-perception and knowledge about EMF and health problems associated with the domestic appliance or mobile phone use to 796 undergraduate students (395 in literary arts and 379 in science), 170 public citizens and 108 professionals who work at the electric power company or the research institute of radiation. Participants in each group were instructed to rate each item on a seven-point fear scale with 7 as maximum value about 46 various environmental items. An analysis was conducted to determine whether risk perception for EMF changes depending on factors such as gender, experience with health problems, and expertise. As a result, women in each group tended to overestimate the risk assessment of many environmental items, not only EMF. The risk of the power line of EMF was evaluated at 4.0 of the highest score for civilian women, with professionals

電磁界(EMF)の健康影響はどのように認識されているか

at 1.9 being the lowest, with a two-fold difference. We also found that fear of ENF could be based on experience with physical abnormalities when using home appliances and mobile phones. These results suggest that students' vague fear of EMF may not be based on accurate knowledge of the risk, but based on their own experience of health problems associated with the household appliance or mobile phone use.

1. 背景・目的

現代社会は、電力供給がなくなるとはほとんど動かない。そして、電力を利用した機器、電力を供給する設備、電力を作り出す発電所の周りには電磁界(EMF; Electromagnetic Field)が存在する。言うまでもなく現代社会は電力に依存しており、特に昨今、電子レンジ、IH調理器、無線Wi-Fi、スマートフォンなどが隔々まで普及し、一般公衆がEMFに曝される機会が増加している。例えば、国内でのスマートフォン、携帯電話は2018年時点で人口普及率100%を超えている。これらの機器によって、より便利で快適な生活を送ることができるが、これらの装置から出るEMFについては、その人体曝露に関連する健康問題の報告もある¹⁾。人体は導電性であり、EMFに曝されると体内で電流の誘導や発熱が生じる。また、高レベルのEMFに曝された導体への接近や接触によって、感電を起す危険もある。EMFの人体に対する直接的な影響として、低い周波数では電流による神経や筋肉の刺激(非熱的作用)が、高い周波数では発熱に伴う影響(熱的作用)がある。EMFの人体への影響は完全には明らかになっていないわけではないが、例えば国際非電離放射線防護委員会(International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection; ICNIRP)は、様々な研究成果に基づいて、防護レベルを示すガイドラインを出している。このガイドライン²⁾では、人体への有意な影響の可能性が確認されているレベルに対して、EMFによって人体に誘起された電流の密度や、人体へのエネルギーの吸収の量(SAR; specific absorption rate/比吸収率)によって規定される測定値で、労働者の場合で10倍、一般

公衆の場合で50倍の安全率を見込んで、それぞれに対する基本制限を定めている。これらの規制は機器からの放射の量ではなく人体への曝露の量を制限するものとなるため、実際の使用状況で人が近付くことが想定される位置で測定される。無線設備からのEMFによる曝露については、多くの国で規制の対象となっており、日本においても、無線設備は「電波利用における人体の防護指針」に従うことが求められている。

ただし、EMFの人体曝露では、それほど高くない強度でも長期間の曝露が、健康への悪影響(例えば癌や白血病のリスクの増大の可能性)を持つのではないかという懸念を持たれることもある。EMF曝露によりリスク上昇の報告があるのは脳腫瘍、聴神経鞘腫などのがんや流産などの胎児影響、さらに様々な非特異的症状が特徴である電磁波過敏症(EHS)がある^{3) 4)}。世界保健機構(World Health Organization; WHO)はEMFによる健康への悪影響の科学的証拠を評価するために1996年に国際EMFプロジェクトを設立し、1998年に国際がん研究機関(International Agency for Research on Cancer; IARC)によって極超長波(extremely low-frequency wave; ELF)からラジオ波(radio frequency wave; RF)の曝露の発がん性をグループ2B(人に対して発がん性がある可能性がある)として分類した。2Bは、ヒトにおける発がん性の証拠が限定的で実験動物における証拠が十分に満たない場合、または、ヒトにおける発がん性の証拠が不適当で実験動物における証拠が十分にあり、グループ2Bに分類される。例えば、2Bに分類されるものとしては、クロロホルム、鉛、漬物、ガソリ

ンエンジン排ガスなどがある。したがって、EMF評価は、限定的な発がん性疑いとなるだろう。

一方、わが国の一般市民においては、電磁波の周波数と強度、また健康影響に関しての知識を持っている人はそれほど多くはないと予想される。そこで、現時点における数々の環境項目の中でEMFのリスクをどの程度の位置づけで考えているかを調査することを目的として、大学生、一般市民および専門家（電力会社の技術職社員と原子力研究所所員はEMFに詳しい群「専門家」とした）を対象としてアンケートを行った。

II. 方法

EMFの健康影響の認識に関する意識調査を理系大学生、文系大学生、一般市民、専門家を対象に、2017年7月から2018年1月まで行った。アンケートは質問紙法（A4用紙、3ページ、設問数13問）で行った。プロフィール情報（年齢、性別、主要な研究分野、職種）に加えて、46の環境項目について(1)「恐れていない」、(2)「ほとんど恐れていない」、(3)「あまり恐れていない」、(4)「やや恐れている」、(5)「ある程度恐れている」、(6)「とても恐れている」、(7)「極端に恐れている」の7段階で恐怖度を尋ねた。なお「わからない」は、(0)とした。なお、恐怖度解析には「わからない」を除外することとした。別に、家電製品や携帯電話の使用に伴う健康上の問題の有無についても尋ね、恐怖度との関係性を検討することとした。

アンケートのデータは、すべてEXCELに入力し、集計および統計解析を行った。

III. 結果

回答者は全1074名で、有効回答数は1052名であった（有効回答率98%）。群別では理工、農、情報学部などの理系学生が385名（有効率98.4%、平均年齢20.3歳、男性63.6%、女性36.4%）、総合社会、法学部などの文系学生411名（有効率96.1%、平均年

齢19.5歳、男性46.1%、女性53.9%）、一般市民170名（有効率100%、平均年齢43.4歳、男性45.9%、女性54.1%）、専門家108名（有効率100%、平均年齢43.0歳、男性98.1%、女性1.9%）であった。なお、専門家の女性は2名と少数だったのでデータ解析では除外した。

1) 各群における46環境項目に対する恐怖度合いの順位

表1に各群における46環境項目に対する恐怖度合いの順位を示す。また、各項目がIARCのどの分類に属するのかを「発がん性グループ」として示している。グループは、「1：ヒトに対して発がん性がある」、「2A：ヒトに対して恐らく発がん性がある」、「2B：ヒトに対して発がん性があるかも知れない」、「3：ヒトに対する発がん性を分類できない」、「4：ヒトに対して恐らく発がん性はない」と分けられている。

学生群において46環境項目の中で最も恐怖度合いが高かったのは、核兵器（94.1%、1位）で、順に水銀（80.5%、2位）、ヒ素（72.1%、3位）となり、動力線、スマートフォン、家電の3つのEMF項目に関して、動力線からのEMFについては、約32.5%が恐れて（18位）おり、スマートフォンおよび家電からのEMFを恐れている割合はそれぞれ19.5%（32位）および15.6%（38位）であった。サッカリンは56.5%、グラスウールは54.8%、ラドンは52.1%のものが「わからない」という回答をしており、認知度は低かった。動力線、スマートフォン、電化製品のEMFについて、「わからない」と答えたものは、それぞれ18.3、5.3、9.9%であった。

一般市民においても学生群と同様3位までに入ったものは核兵器（97.1%、1位）、ヒ素（78.2%、2位）、水銀（75.3%、3位）であった。3つのEMF項目に関しては、動力線からのEMFについては、47.6%が恐れて（19位）おり、スマートフォンおよび家電からのEMFを恐れている割合はそれぞれ

電磁界(EMF)の健康影響はどのように認識されているか

20.0% (34位) および21.8% (35位) であった。サッカリンは56.5%、ラドンは55.9%、フェノールは52.4%が「わからない」という回答をしており、認知度は低かった。動力線、スマートフォン、電化製品のEMFについて、「わからない」と答えたものはそれぞれ14.1、3.5、4.7%であった。

専門家においても上記2群と同様、核兵器(95.3%、1位)、ヒ素(81.1%、2位)、水銀(77.4%、

3位) が上位3項目であった。3つのEMF項目に関しては、動力線、スマートフォンおよび家電からのEMFを恐れていると割合は、それぞれ9.4% (33位)、7.5% (38位)、4.7% (40位) であり、他の集団よりも低い割合であった。サッカリンは51.9%、ラドンは40.6%、フェノールは32.1%のものが「わからない」という回答をしており、一般市民と似た傾向であった。

(表1) 学生、一般市民、専門家における46環境項目に関する恐れ 순위

学生			一般市民			専門家		
順位	環境項目	発がん性グループ	順位	環境項目	発がん性グループ	順位	環境項目	発がん性グループ
1	核兵器	*	1	核兵器	*	1	核兵器	*
2	水銀	3	2	ヒ素	1	2	ヒ素	1
3	ヒ素	1	3	水銀	3	3	水銀	3
4	たばこ	1	4	ダイオキシン	1	4	カドミウム	1
5	原子力発電	*	5	カドミウム	1	5	ダイオキシン	1
6	ダイオキシン	1	6	原子力発電	*	6	アスベスト	1
7	カドミウム	1	7	アスベスト	1	7	農薬	*
8	紫外線	2A	8	たばこ	1	8	DDT(殺虫薬)	2B
9	アスベスト	1	9	紫外線	2A	9	たばこ	1
10	コレステロール	3	10	農薬	*	10	トルエン	3
11	DDT(殺虫薬)	2B	11	コレステロール	3	11	コレステロール	3
12	クロロホルム	2B	12	クロロホルム	2B	12	クロロホルム	2B
13	農薬	*	13	DDT(殺虫薬)	2B	13	ホルムアルデヒド	2A
14	トルエン	3	14	トルエン	3	14	コールのタール	1
15	ディーゼルエンジン排気	2A	15	ホルムアルデヒド	2A	15	ディーゼルエンジン排気	2A
16	宇宙線	*	16	ディーゼルエンジン排気	2A	16	クレオソート(防腐剤)	2A
17	ホルムアルデヒド	2A	17	遺伝子組換え食品	*	17	診察X線	*
18	電磁波(動力線)	2B*	18	ガソリンエンジン排気	2B	18	ヘアカラー製品	3
19	ラドン	1	19	電磁波(動力線)	2B*	19	鉛	2B
20	鉛	2B	20	コバルト	2B	20	コバルト	2B
21	コールのタール	1	21	アルコール飲料	1	21	ベンゼン	1
22	アルコール飲料	1	22	ラドン	1	22	ニッケル	2B
23	遺伝子組換え食品	*	23	コールのタール	1	23	サッカリン	2B
24	インスタントヌードル	*	24	グラスウール	2B	24	ガソリンエンジン排気	2B
25	ベンゼン	1	25	宇宙線	*	25	ラドン	1
26	診察X線	*	26	ニッケル	2B	26	遺伝子組換え食品	*
27	サッカリン	2B	27	フェノール	3	27	グラスウール	2B
28	ガソリンエンジン排気	2B	28	クレオソート(防腐剤)	2A	28	原子力発電	*
29	クレオソート(防腐剤)	2A	29	診察X線	*	29	宇宙線	*
30	ヘアカラー製品	3	30	鉛	2B	30	紫外線	2A
31	コバルト	2B	31	合成染料	*	31	アルコール飲料	1
32	電磁波(スマートフォン)	*	32	ベンゼン	1	32	合成染料	*
33	合成染料	*	33	サッカリン	2B	33	電磁波(動力線)	2B*
34	フェノール	3	34	電磁波(スマートフォン)	*	34	フェノール	3
35	化粧品	*	35	電磁波(家電)	2B*	35	インスタントヌードル	*
36	グラスウール	2B	36	ポリエチレン	3	36	カフェイン	3
37	ニッケル	2B	37	化粧品	*	37	化粧品	*
38	電磁波(家電)	2B*	38	コーヒー	2B	38	電磁波(スマートフォン)	*
39	カフェイン	3	39	ヘアカラー製品	3	39	コーヒー	2B
40	ポリエチレン	3	40	スポーツドリンク	3	40	電磁波(家電)	2B*
41	漬物	2B	41	インスタントヌードル	*	41	漬物	2B
42	スポーツドリンク	3	42	漬物	2B	42	蛍光灯	3
43	蛍光灯	3	43	カフェイン	3	43	紅茶またはお茶	3
44	わらび	2B	44	蛍光灯	3	44	ポリエチレン	3
45	紅茶またはお茶	3	45	紅茶またはお茶	3	45	わらび	2B
46	コーヒー	2B	46	わらび	2B	46	スポーツドリンク	3

「*」は、IARCの発がん性グループに含まれていない項目である。また、電磁波の項目は、網掛けをして示している。

2) 46環境項目の平均スコア

各群の46環境項目の恐怖スコアの平均値をIARCの発がん性分類のグループ別に分けた。今回調査を行った各群の恐怖スコアの平均値をグループ1からグループ3までの4グループに分類して図示する。なお、恐怖スコアの平均値は、性別や文系理系による違いがあると考え、各群において男女別、学生では文系理系別に記載を行った。図1はグループ1、図2はグループ2A、図3はグループ2B、図4はグループ3について示しており、その中で環境項目を平均スコアが高い順で並べてある。各グループに属する環境項目の平均スコアを見るとグループ1からレベルが下がるにつれて、平均スコアが下がっており（図5）、平均して人の認識と科学的な知見とが一致している。3つのEMF項目のうちIARCの発がん性分類

で2Bに分類されているのは動力線と家電の超低周波磁界であり、スマートフォン（携帯電話）の高周波EMFは現時点では発がん性が分類されていないため、今回は平均スコアから除外した。46環境項目の平均スコアをさらに平均すると、一般市民女性が3.7と最も高く、次に理系学生女性の3.5、文系学生女性の3.4、理系学生男性の3.2、文系学生男性の3.0、一般市民男性の3.0、最後に専門家2.8の順であった。学生、市民ともほとんどの環境項目で恐怖度合の平均スコアにおいて、女性の方が男性よりも高い傾向にあった。

EMFに関しては、動力線のリスク評価は一般市民女性の4.0が最も高く、専門家の1.9が最も低く2倍の違いがあった。

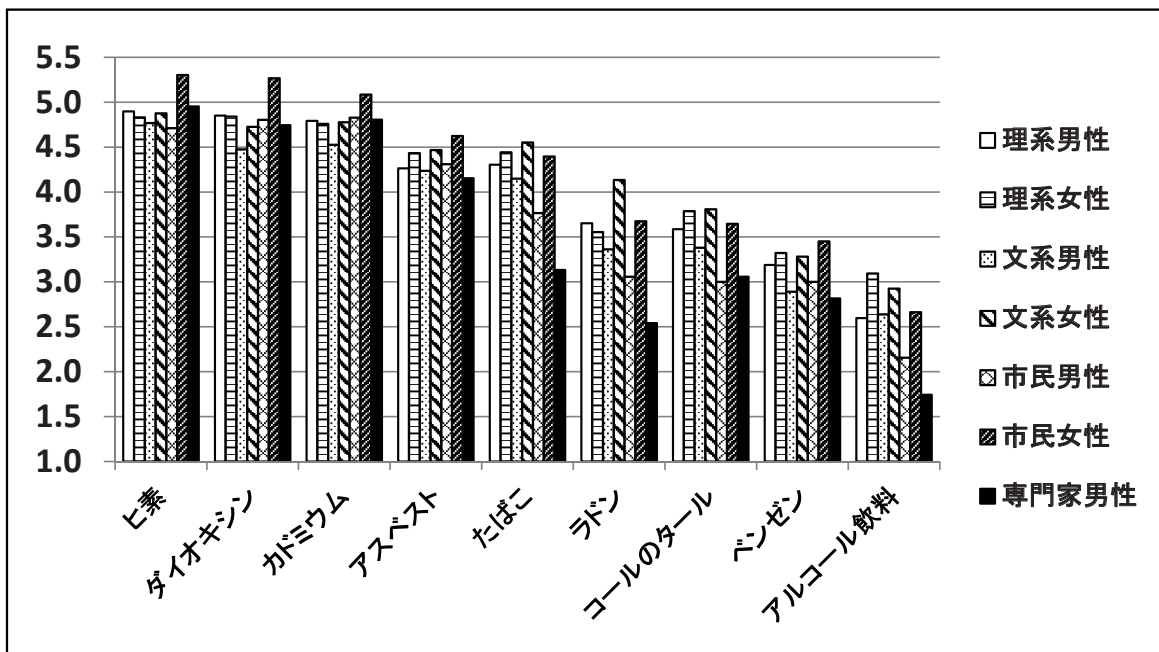


図1 発がん性評価におけるグループ1の環境項目の群別平均スコア

電磁界(EMF)の健康影響はどのように認識されているか

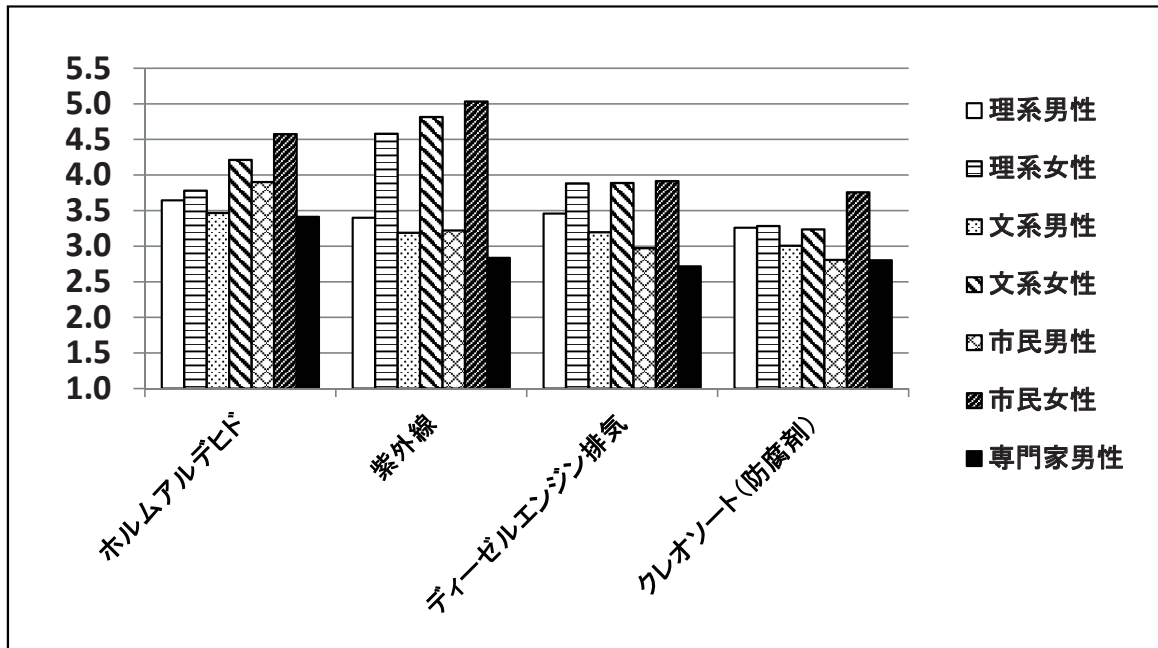


図2 発がん性評価におけるグループ2Aの環境項目の群別平均スコア

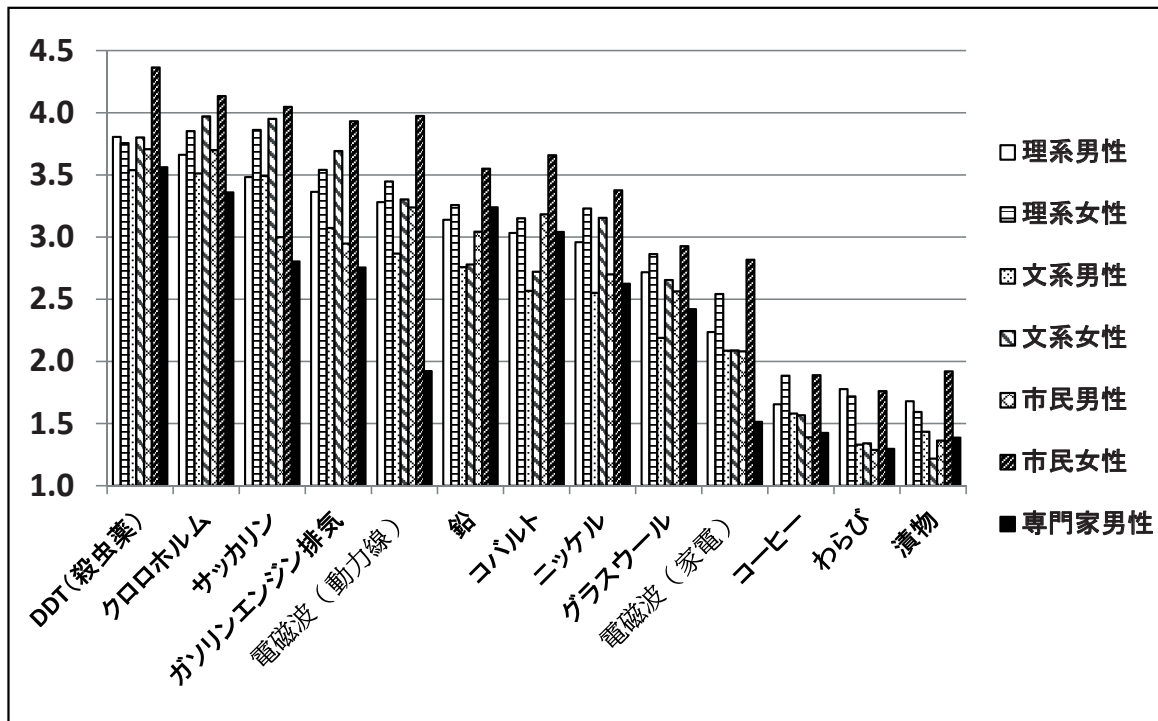


図3 発がん性評価におけるグループ2Bの環境項目の群別平均スコア

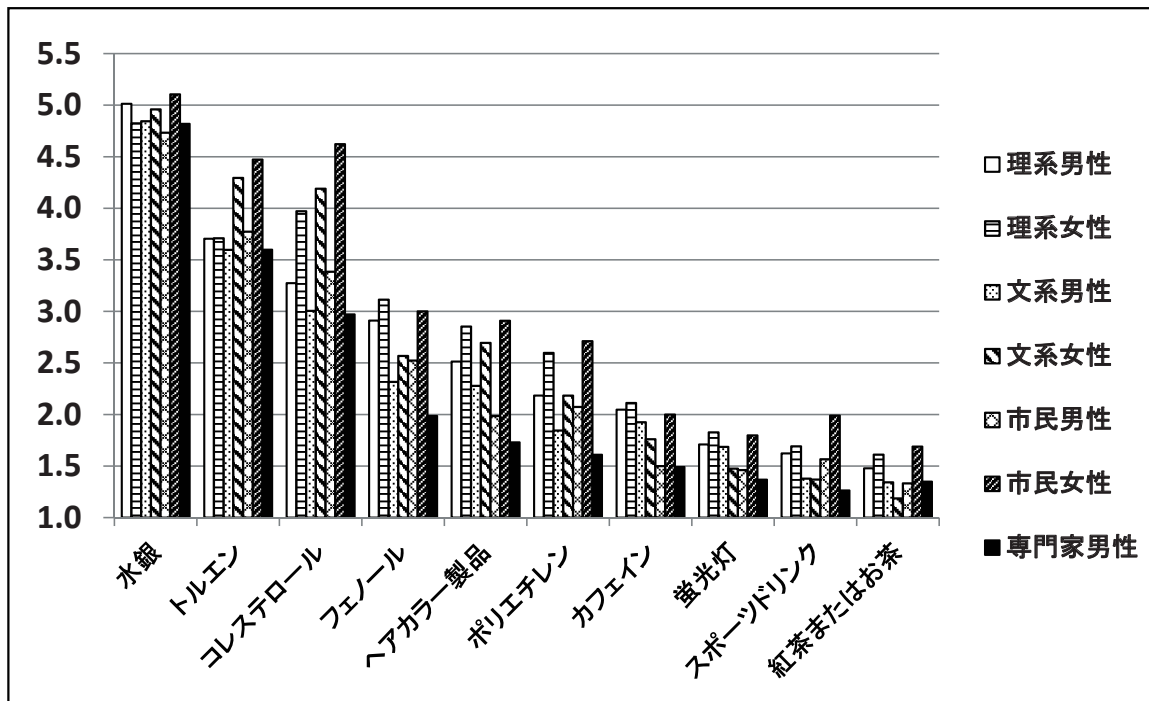


図4 発がん性評価におけるグループ3の環境項目の群別平均スコア

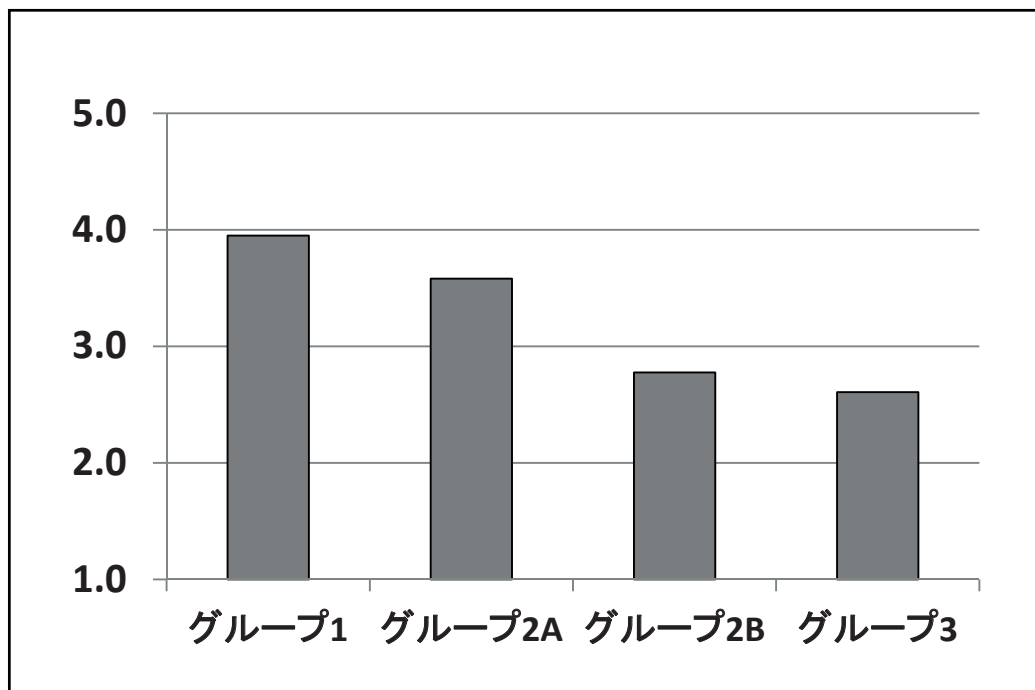


図5 発がん性評価における各グループの平均スコア

3) 携帯電話の使用時間

1日あたりの携帯電話の使用時間では、一般市民と専門家は1～5時間が最も多く、それぞれ55.9%と70.8%であり、次に1時間未満で、それぞれ30.0%と20.8%であった。10時間以上使用は、一般市民5.3%、専門家0.9%であった。一方、学生は1～5時間が最も多かったが、次いで26.3%が5～10時間、14.7%が10時間以上使用していると答えていた。

携帯電話の使用にあたって異常を感じた人における携帯電話の使用時間は、57.0%が1～5時間、22.5%が5～10時間、13.3%が10時間以上であったが、異常を感じていない人との間に有意な使用時間の差は認められなかった。

4) 家電製品や携帯電話の使用による健康問題の有無

図6に家電製品または携帯電話の使用にあたって異常を感じた人の割合を各群に分けて示す。学生では5.9%が家庭電化製品の使用に伴い身体に異常を感じており、女性(6.8%)は男性(5.2%)よりも異常を感じた人の割合が多かった。症状は頭痛(男性37.2%、女性28.3%)が最も多く、次に倦怠感(男性14.0%、女性15.2%)がみられた。学生の

99.2%がスマートフォンまたは携帯電話を使用していた。使用者の22.6%が携帯電話の使用に伴う身体上の異常を感じていた。こちらも家電同様に女性(28.5%)が男性(17.7%)よりも身体に異常を感じた人が多かった。症状は頭痛(男性27.5%、女性39.6%)が最も多く、次に倦怠感(男性17.4%、女性22.0%)が見られた。

一般市民群の5.3%が家庭電化製品の使用に伴い身体に異常を感じており、女性(6.5%)は男性(3.8%)よりも異常を感じた人の割合が多かった。症状は倦怠感(男性50%、女性33.3%)が最も多く、次に頭痛(男性25%、女性25%)がみられた。一般市民の97.1%がスマートフォンまたは携帯電話を使用していた。使用者の8.8%が携帯電話の使用に伴う身体上の異常を感じていた。女性(9.8%)は男性(7.7%)よりも身体に異常を感じた割合が多かった。症状は、男性は頭痛と聴覚の低下(22.2%)がみられた。女性は頭痛(45.5%)が高く、倦怠感と耳の痛み(18.2%)も見られた。

専門家群は1人だけが電化製品の使用にあたって身体に異常を感じていた。症状は吐き気だった。携帯電話の使用で異常を感じた人はいなかった。

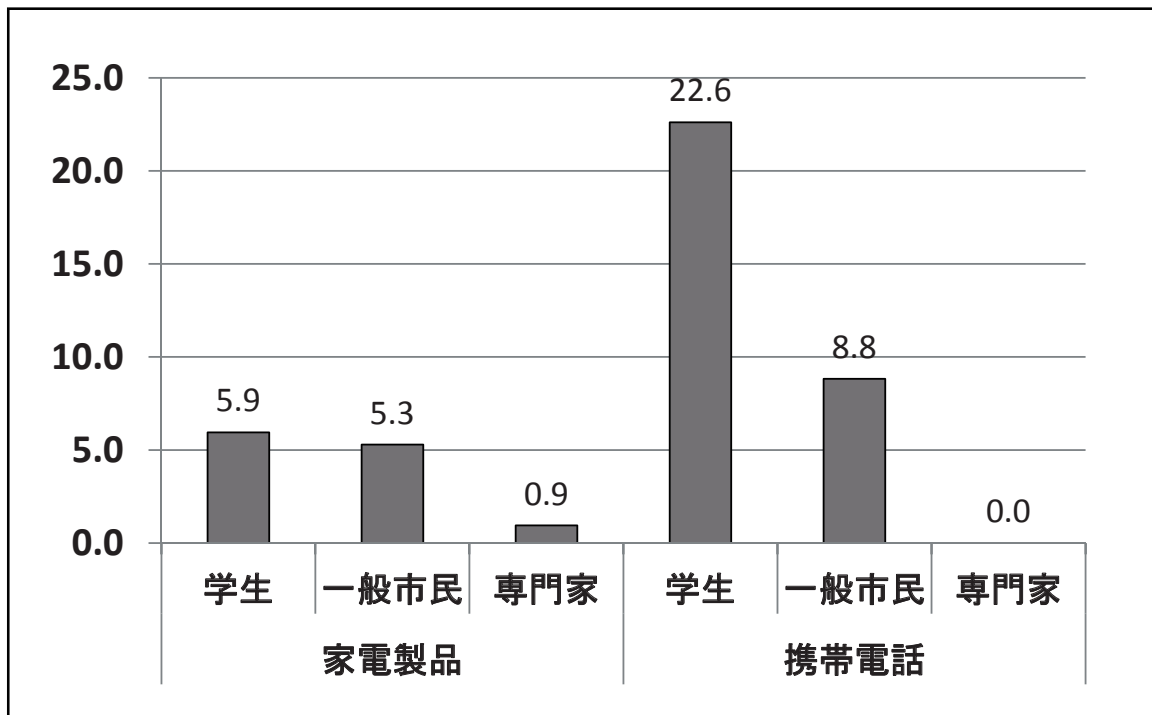


図6 家電製品、携帯電話の使用にあたって異常を感じた人の各群における割合

5) 家電製品や携帯電話の使用による健康障害とEMFの恐怖度合いの関係

家庭用電化製品、スマートフォンまたは携帯電話を使用するにあたって体に異変を感じた人のEMF恐怖度合いの割合を調べた(図7、8)。恐怖度合いは7~4が恐れているに該当し3~1が恐れていない範

囲になる。家電製品の使用で身体に異常を感じたことがある人は感じたことがない人よりも家電のEMFについて恐れている傾向にあることがわかる。携帯電話でも同様のことがいえる。平均スコアには有意な差が認められた(家電製品; $p=0.00047$ 、携帯電話; $p=0.00042$) (表2)。

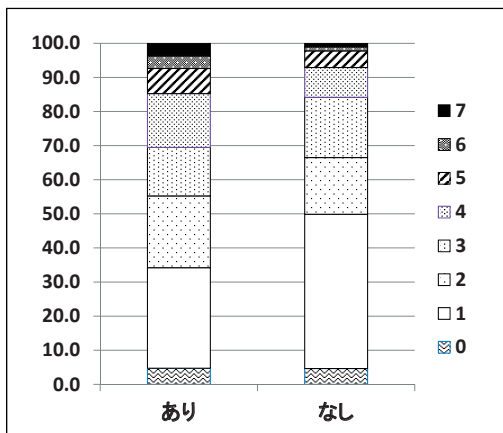


図7 家庭用電化製品を使用するにあたって体に異変を感じた人の恐怖度合いの割合

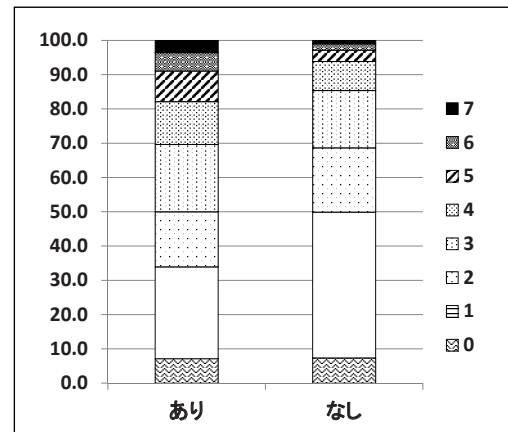


図8 スマートフォンまたは携帯電話を使用するにあたって体に異変を感じた人の恐怖度合いの割合

	家電製品		スマートフォンまたは携帯電話	
	あり	なし	あり	なし
身体異常の有無	あり	なし	あり	なし
平均スコア	2.9	2.1	2.8	2.2
n数	56名	994名	190名	860名
p値	0.0004699		0.000415632	

表2 家電製品とスマートフォンまたは携帯電話の身体異常の有無と平均スコアを1元配置分析で比較。p値は、 χ^2 検定による。

IV. 考察・まとめ

学生群(文系・理系)、一般市民群、専門家群において、3つのEMF項目のうち電力線からのEMFが最も危険なものみなされ、次に携帯電話、家電の順であった。電力線が最も恐れられている要因としては動力線が携帯電話や家電製品よりも強い電磁波を生成するという考え方にに基づいていると考えられる。しかし、動力線の電磁波の周波数は家電製品と同様に50から60Hzの超低周波電磁波である。逆に携帯電話は300MHz～3GHzと電子レンジ調理時の2.45GHzと同等の周波数である。これは熱作用のある周波数であり、生体への影響がある。よって動力線が携帯電話や電化製品よりも生体影響があるという認識は正しくないといえる。電化製品や携帯電話は電力線よりも多くの学生や一般市民にとってより親しみやすく、その結果、リスクの認識が低下しているのではないかと考えられる。

また家電製品、携帯電話の使用にあたって異常を感じた経験の有無では身体に異常を感じたことがある群はない群よりもEMF項目に対して恐怖度を高く評価する傾向にあることがわかった。携帯電話の使用にあたって異常を感じたことがある群とない群の携帯電話の使用時間に明確な差はなかった。しかし、集団別の身体異常の有無(図6)では携帯電話の使用時間が多い学生の方が携帯電話での使用にあたって異常を感じた割合が多かった。これらのことから、世代による携帯電話の使用時間の差は大きく、学生では使用による疲れが原因で身体上の異常に影響を与えている可能性が考えられる。それが恐怖につながっていると考えられる。

したがってEMFに対しての恐怖はリスクの正確な知識に基づいているのではなく、家電や携帯電話の使用に関する身体に異常を感じた経験に基づいている可能性があることが考えられる。

恐怖スコアの順位について2000年のYaguchiらの報告⁵⁾と比較すると、動力線では2000年:2017年は、18位:18位、携帯電話では31位:32位、家電で

は38位:38位となり、46の環境項目内における順位は、ほぼ同程度の位置にあり変化がなかった。一方、スコア7である「極端に恐れている」から5である「ある程度恐れている」までを選択した割合は、動力線については2000年度では57.6%であったが、2017年では17.4%、携帯電話についてはそれぞれ44.1%と9.2%、家電についてはそれぞれ48.4%と7.3%であった。すなわち、EMF3項目とも恐怖スコアは2000年のほうが有意に高かった(χ^2 検定;3項目すべてにおいて $p<0.001$)。したがって、2000年では社会における注目度が高かったため、恐怖スコアが高くなったと考えられる。ただし、相対的な順位においては大きな変化がなかったため、他の環境項目との間での相対的な認識としては同程度であり、本研究でアンケートを行った学生群の環境項目への恐怖感が全体的に2000年と比べて少ないのかについては、本研究だけでは明らかではなかった。

携帯電話は、ほとんどの人が少なくとも1台は利用しており本研究の学生群では約60%が1～5時間、約30%が5～10時間と長い時間接する機器であった。携帯電話だけではなく、さまざまな電気機器は便利で快適な生活を送る上で欠かせないものであるが、広い領域の周波数のEMFも発生させている。人類はかつてない多くのEMF源に囲まれていること、特に長時間にわたる携帯電話の使用が、最も身近にEMF源と接する機会であることを認識し、慎重に対応する必要があるのではないだろうか。

謝辞

本研究を進めるにあたり、アンケートを通じて多くの回答を頂いた近畿大学をはじめとする学生の方々、一般市民、関西電力社員、近畿大学原子力研究所所員の皆様に感謝します。

参考文献

- (1) Su L, et al, Effects of 1800 MHz RF-EMF exposure on DNA damage and cellular

functions in primary cultured neurogenic cells,
Int J Radiat Biol, 7:1-11,2018.

(2) ICNIRP GUIDELINES

<<https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>> (2020年1月14日参照)

(3) 萩野晃也, ガンと電磁波, 192-212, 技術と人間社, 東京, 1995.

(4) Babycom WebCenter 妊娠と電磁波

<<https://www.babycom.gr.jp/eco/denjiha/5.html>> (2020年1月14日参照)

(5) Yaguchi H, et al., Attitudes of Undergraduate Students to Electromagnetic Fields, Int Med J, 7 (4): 265-272, 2000.