

# JEIC NEWS

Japan EMF Information Center News

2021年12月発行

No.

62

Index

●  
P2

巻頭言

新任のご挨拶

●  
P3～11

EMFトレンド情報

商用周波磁界ばく露と小児白血病発症の新たなプール分析 その1

●  
P12～13

JEICレポート

BioEM2021(ゲント)発表報告

●  
P14～15

コラム

かみなりと稲妻



電磁界情報センター

# 新任のご挨拶

管理・受託グループ 今村 智宏

7月1日に管理・受託グループに着任いたしました今村と申します。

東京での勤務は初めてで、まず通勤がどうなることかと心配しておりましたが、約一時間の電車通勤(乗換2回)もコロナ禍における働き方改革の影響で満員電車になることもほとんどなく、スムーズな乗り換えができています。また、生活も週3回程度のテレワークが続いたことから、少し窮屈な日々が続いておりましたが、単身赴任生活には慣れておりましたので特に苦になることはなく首都東京の知見を日々広げているところです。

知見を広げるといえば、私は九州出身のため、特に焼酎文化を実際に味わって学んできました。これからは、日本全国の方を対象としたコミュニケーション活動が業務となってきますので、日本酒文化も学ばなければと勝手に解釈して意気込んでいるところです。

管理・受託グループでは、経済産業省主催「電磁界の健康影響に関する講演会」の事務局を行っております。全国5都市(秋田市、熊本市、金沢市、松山市、横浜市)開催で、11月初旬現在で秋田市、熊本市の2講演を無事に終えることができました。

講演会開催に向けた情報宣伝活動は、これまで経験のない新鮮な驚きがありました。ダイレクトメール、フリーペーパー、新聞広告及び折込チラシといった広告媒体をどのように活用するか、ホームページでの案内や申込み画面の変更といった業務は、まさに広告代理店に勤務しているようです。

また、講演会準備はイベント会社のように会場設営、講演運営も我々で行っており、学生時代に携わったコンサート運営のアルバイト経験も少しは役に立っているかなと思うところです。

今年度の講演会は残り3会場となりますが、一人でも多くの方々にご来場いただき、電磁界及びその健康影響に関してご理解を深めていただけるよう情報宣伝活動、準備を進めて参りたいと思います。

電磁界情報センターでは、理念・目的にある重要な業務であるリスクコミュニケーションの実践において、一般の方々から年間700件程度のお問

い合わせを受け対応を行っております。まだ数ヶ月の経験ですが、日々の対応を通してリスクコミュニケーションは、コミュニケーション能力に加え、カウンセラーのような対応も求められていると感じております。

人に伝えたいことが伝わるか否かは、まず信頼してもらえるかが重要で、伝える人(組織)を信頼できているかということに繋がっているようです。そのためにも、専門性、中立性・透明性、分かりやすさをもって真摯に対応するとともに、相手の主張や事情に耳を傾けることも大切と感じています。それは、現代の情報化社会では一般の方が信頼できる情報だけを選択するのは困難な状況にあるようで、信頼できる人、組織としてカウンセラーのような対応も必要と思うのです。また、個人的には、私は方言が強いことから相談される方が不安に思われまいよう伝えたいことが正しく伝わっているか、誤解がないようしっかりと相手の反応を確認し、説明していかねければと肝に銘じているところです。

そして、電磁界の専門家として信頼されるためには、専門知識の深掘りが何より必要です。赴任して何力所も磁界測定を実施しましたが、自分自身で測定を行うことで、一般環境で起こりうる磁界レベルの感覚が身に付いたように感じます。自ら体感し学んだ感覚を大切にして、これから知識を蓄積していきたいと思えます。

また、海外での学会発表といったこれまで経験のないことにも挑戦できる環境にあるため、世界情勢の把握、語学力の向上も必要です。国際学会では各国の電磁界研究の関係者との意見交換を介して最先端の科学を学ぶと共に、個人レベルでも交流を深め、世界に視野を広く向けていきたいと思えます。

今回、このような多種多様な業務に携えることを大変幸運に感じております。精進していく所存ですので、何卒ご支援ご鞭撻の程、よろしくお願い申し上げます。

## 商用周波磁界ばく露と小児白血病発症の

## 新たなプール分析 その1

電磁界情報センター 所長 大久保 千代次

## はじめに

2021年9月に米国UCLAのKheifetsのグループが、商用周波磁界ばく露と小児白血病<sup>A)</sup>との関連性に関する疫学研究<sup>B)</sup>、Pooled analysis of recent studies of magnetic fields and childhood leukemia (磁界と小児白血病について最近の研究のプール分析<sup>C)</sup>)という大変興味深い論文(Amoon et al., 2021)<sup>1)</sup>を発表しました。Kheifetsは、この分野では大変高名な疫学研究者で、数多くの小児白血病と磁界についての論文を発表しています。以前にもJEICのニューズレター 12号(2010年12月発行)で、同年に発表されたKheifetsのプール分析論文(Kheifets et al., 2010)<sup>2)</sup>について紹介しました。今号(その1)では、改めてこれまで発表されたプール分析を含めた疫学論文とそれへの国際機関の評価概要を順に振り返ると共に、次号(その2)では2021年に発表された新たなプール分析(Amoon et

al., 2021)<sup>1)</sup>の結果を紹介します。

なお、小児白血病、疫学研究、プール分析など、この紹介記事には余り馴染みのない言葉が出て来ますので、原稿下段の脚注を設けて説明しました。

## 1979年の最初の疫学研究

電力施設や家電製品から発生する商用周波磁界ばく露と小児白血病との関係は、1979年に、米国のコロラド州立大学のWertheimer等(Wertheimer and Leeper, 1979)<sup>3)</sup>が発表した疫学報告が発端となりました。1950年から1973年までにコロラド州デンバー地区に於いてがんて死亡した14才以下の子供344人と、健康な子供344人と比較して、各家庭に電気を配るための配電線の敷設パターン(ワイヤコード)と小児がんによる死亡との関連性を調べた症例対照研究<sup>D)</sup>です。その結果は、大きな電流が流れる施設(磁界の大きさは電流に依存しています)の近くに

A)小児白血病：最もよくみられるタイプの小児がん(約35%)。小児白血病のほとんどが1～5歳の年齢群で発症します。女児より男児に多く、形態学的サブタイプには急性リンパ芽球性白血病(ALL)と急性骨髄芽球性白血病(AML)があり、前者は全ての小児症例の70%以上を占めています。診断および治療法の進歩の結果として、白血病と診断された小児の80%以上が成人期まで生き延びています。日本では年間約700人が発症しています。発症原因は、電離放射線、ウイルスなどが考えられていますが、不明な点が多いです。

B)疫学研究：個人ではなく地域社会や特定の人間集団を対象として、健康に関する事象(病気の発生状況など)の頻度や分布を調査し、その要因を統計的に明らかにする学問です。

C)プール分析：いくつかの先行疫学研究の一次データを用いて、新しい、統合されたデータセットを作成し、これを分析の対象とする疫学研究手法。あらかじめ定めた共通のルールにのっとって解析するプール解析を行っています。この方法では精度の良い量的な指標が得られるだけでなく、個別研究では症例数が足りない、関連の大きさが小さいなどの理由で十分な結論が得られないテーマについて説得力のあるエビデンスを新たに作る事が出来る可能性があります。

D)症例対照研究：研究対象となる疾患や病態を有する者(症例)と、非常に似た集団であるが対象となる疾患や病態を有していない者(対照)の2つの集団を比較する研究方法。例えば、肺がん患者の喫煙者の占める割合と、そうでない人の喫煙者の占める割合を比較して、喫煙と肺がんとの関連性を調べます。

住む子供は、そうでない子供に比べて、小児がんの死亡率が1.6から2.2倍高く、中でも小児白血病は約3倍高いという内容でした。その後1988年にはノースカロライナ州立大学の公衆衛生学のSavitz等(Savitz et al., 1988)<sup>4)</sup>が、Wertheimer等の研究方法を改善したうえで、同じデンバー地区に住む人を対象に同様な調査を行いました。今回はがん死者数ではなく、小児がんの罹患率を比較した結果、配電線の近くに住んでいた14才以下の子供の小児がんの発症率は、そうでない子供と比べて1.5～2倍高いという内容です。つまり、偶然この様な現象が起こったのではなく、再現性のある現象と理解され、米国のみならず全世界で電磁界問題は大きな社会的関心事となりました。

米国政府は、1992年に「EMFラピッド計画」という研究プロジェクトを発足させました。プロジェクトでは、これまでに問題となっていた商用周波磁界の小児白血病、脳腫瘍、乳がん、神経行動、生殖への長期的なばく露影響に焦点が当てられました。

1999年に最終報告書<sup>5)</sup>が提出され、まとめ役の国立環境保健科学研究所(NIEHS)所長は「電磁界が完全に安全とは認められないが、真に健康に危険であるという確率は小さい。」と述べています。

## 2000年に発表されたプール分析

Wertheimer等の研究以後に、数多くの疫学研究が、次第にその手法を改善しながらこの関連性を追究すると共に、数多くの包括的レビューやメタ分析<sup>6)</sup>、プール分析が行われました。2000年には、Greenland等(Greenland et al., 2000)<sup>6)</sup>とAhlbom等(Ahlbom et al., 2000)<sup>7)</sup>が発表した2つのプール分析が大変注目されました。

Greenland等<sup>6)</sup>は、1999年に発表されたプール分析に含める資格のある12件(米国、カナダ、イングランド、スウェーデン、ノルウェー、フィンランド、ドイツ、デンマーク、ニュージーランドの研究、すなわち、磁界測定値またはワイヤーコードを概算す

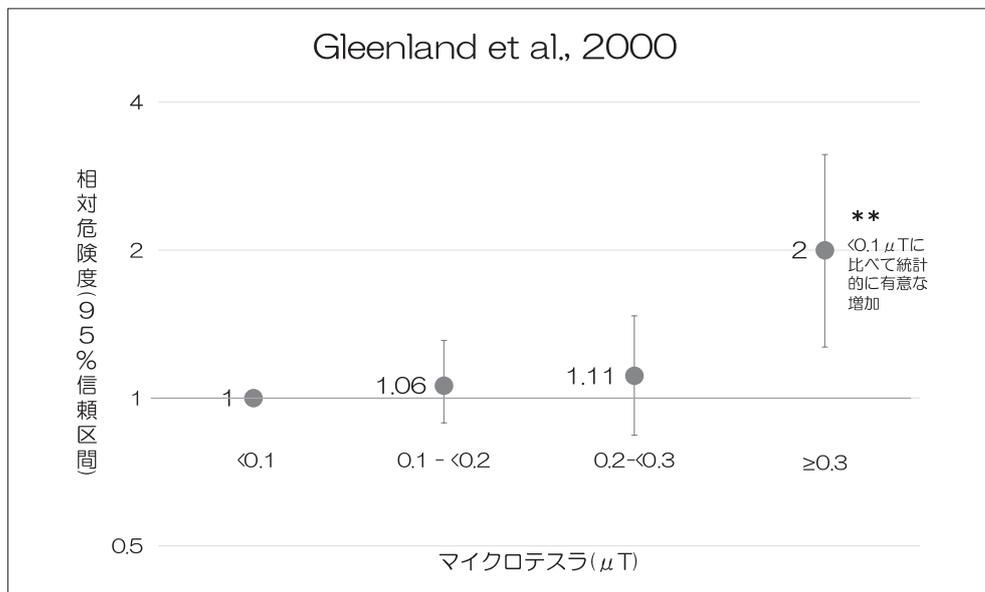


図1 Greenland等<sup>6)</sup>の磁束密度(μT)と小児白血病発症のオッズ比

6)メタ分析：あるテーマについてのこれまでの複数の小規模研究結果を系統的に集め、その質的評価と数量的な合成を行う疫学研究手法。評価のより広い基盤を得るために適用される。複数の研究結果間に一致がみられない場合、個々の研究におけるサンプル数が小さく有意な結論が見出せない場合、大きなサンプル数の研究が経済的、時間的に不可能な場合などには、メタ分析が力を発揮します。メタ分析では各個別研究で要因の定義や関連する要因の調整の方法など、あらゆる面で方法がバラバラであるため、得られた結果の精度が必ずしも高いとは言えません。

るのに十分な情報を含む研究)を特定し合計2656件の症例と7084人の対照者が、0.1マイクロテスラ( $\mu\text{T}$ :磁界の強さである磁束密度の単位)未満のばく露と比較して0.3 $\mu\text{T}$ を超えるばく露の合計推定オッズ比(OR:相対危険度に相当)<sup>F)</sup>が1.68(95%信頼区間(CI)<sup>G)</sup>、1.23~2.31)で統計的に意味のある増加を発見しました(図1)。

Ahlbom等<sup>7)</sup>は、過去の優れた9編(カナダ、デンマーク、フィンランド、ドイツ、ニュージーランド、ノルウェー、スウェーデン、米国、英国)の症例対照研究で用いたデータで、3203人の症例と10338人の対照をプール分析した結果、商用周波磁界へのばく露が<0.1 $\mu\text{T}$ 未満の居住者に比較して、0.4 $\mu\text{T}$ を下回る(0.1-<0.2、0.2-<0.4)では小児白血病の増加は観察されず、0.4 $\mu\text{T}$ を上回る( $\geq$ 0.4)ばく露では2のオッズ比が観察されました。オッズ比(相対危険度)が2倍で、その95%信頼区間は、1.27-3.13で、その下限が1を下回らないので、統計的意味のある増加と見なされました(図2)。

## 2002年の国際がん研究機関(IARC)の評価

2002年に世界保健機関(WHO)の専門機関IARC(国際がん研究機関)が行った商用周波磁界の発がんハザード評価(IARCモノグラフNo.80)<sup>8)</sup>では、小児白血病に関する疫学研究的限定的な証拠があるものの動物研究では不十分な証拠しか得られなかったことから、磁界の発がんハザードを2B(発がん性があるかも知れない)と判断しました。その際、IARCは、小児白血病と磁界(時間加重平均ばく露)の推定値との関連性が偶然に起こったとは思えないが、こうした関連性の一部はバイアス(調査や解析に伴う偏り)によって生じる可能性を指摘しています。特に、調査対象者の参加率が異なるなどの選択バイアス<sup>H)</sup>が原因である可能性や、家庭内での磁界測定への低い回答率の影響(北欧諸国の調査では、過去に遡って計算した磁界に依存しており、バイアスの影響も受けていないものの、サンプル数が少ないため、リスク

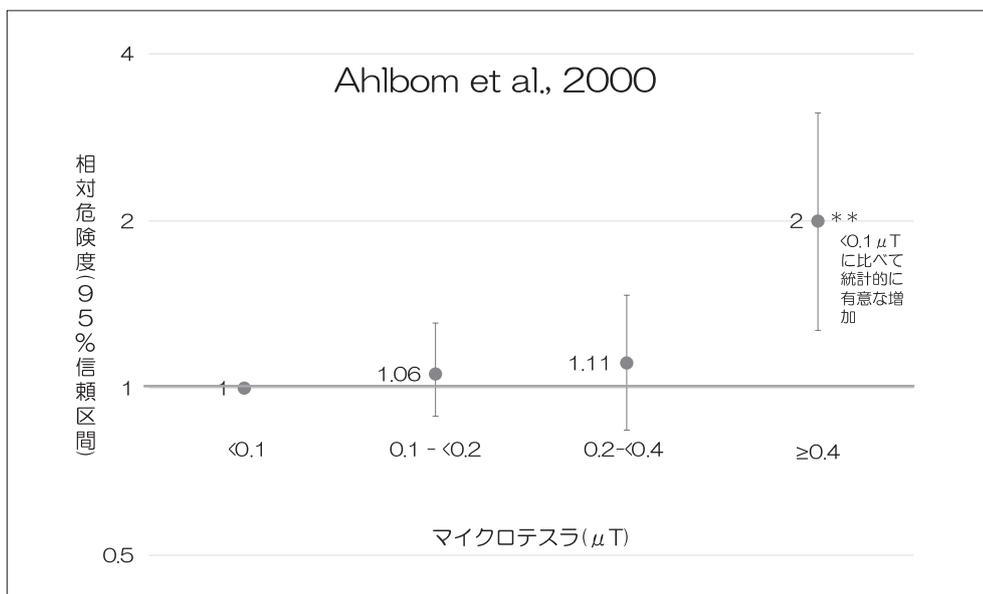


図2 Ahlbom等<sup>7)</sup>の磁束密度( $\mu\text{T}$ )と小児白血病発症のオッズ比

F) オッズ比: 疫学研究では、ある因子(喫煙や食べ物など)がある病気の原因であると仮定したとき、その因子と病気との間に関連があるか無いかの有無やその強さを相対危険度の大きさに推定しますが、症例対照研究では、オッズ比が使用されます。

G) 95%信頼区間: 一つの調査からある平均値(オッズ比)を得た場合、調査の本当の平均値は100回中95回以上の確率で確実にその区間内に来る範囲をさし、その上限および下限の値を信頼限界といいます。信頼限界が1を跨ぐ場合にはたとえオッズ比が高い場合でも、統計的には意味がある結果とは判断されません。信頼区間が狭いということは計算されたオッズ比の信頼性が高いと言えます。

H) 選択バイアス: 研究の対象者を決める時点で生じるバイアス(偏り)を指します。選択バイアスは、研究を行う場所、症例と対照の参加率が異なるなど対象者を集める方法、研究参加後の脱落など、様々な場面で生じます。選択バイアスが生じると、ばく露群と非ばく露群に差がないにもかかわらず差があるという結果になったり、逆に差があるにもかかわらず差がないという結果になったりする可能性があり、適切な比較が困難になるという点で問題となります。

推定値は正確ではないとしています。)や、磁界ばく露評価方法は、大幅に改善されてきたものの、ばく露評価の誤分類も存在しています。一方、未知の交絡因子<sup>1)</sup>によるバイアスでは、磁界と小児白血病との関連性全体を説明できそうにないものの、交絡因子による何らかのバイアスが生じている可能性は極めて高く、これはどちらの方向にも作用し得ると指摘しています。従って、上述した選択バイアスとある程度の交絡因子、更には偶然の組合せによって、プール分析で示された小児白血病と磁界との関連性が説明できるかもしれないし、逆に、観察された関連性が因果関係であるとすれば、ばく露に伴うリスクが報告されているよりも高くなる可能性もあるとも述べています。そして、小児白血病に関しては、商用周波磁界は「ヒトにおける発がん性の証拠は限定的」であり、他の小児がんや成人のがんなど全てのがんに関しては、「発がん性の証拠は不十分である」としました。「発がん性の証拠は限定的である」との表現は、関連性の可能性が観察され、それが因果関係であるという解釈は信頼できると考えられるが、合理的な確信をもって偶然性、バイアスまたは交絡因子を除外することはできない」ということを意味しています。「発がん性の証拠は不十分である」との表現は、結論を導くには入手可能な研究の質、一貫性または統計的検出力が不十分である、または、がんに関するデータが入手できなかったことを示しています。

### 2007年のWHOの評価

世界保健機関(WHO)は1996年に国際電磁界プロジェクトを発足させました。このプロジェクトは現在も継続しています。その主目的は静電磁界、(超)低周波電磁界、中間周波電磁界、高周波電磁界の健

康リスク評価を行うことです。2005年にWHOは商用周波磁界の健康リスクを評価するタスク会議を開催し、その結果を2007年に環境保健クライテリア(ELF) No.238モノグラフ<sup>9)</sup>として発刊しています。その中でも磁界と小児白血病との関連性については多くのページを割いています。

IARC評価以降、WHOのリスク評価までに、英国のDraper等(Draper et al., 2005)<sup>10)</sup>と日本の国立環境研究所の故児眞徳先生の疫学研究(Kabuto et al., 2006)<sup>11)</sup>の2つの疫学研究が発表されました。

英国のDraper等が実施した調査<sup>10)</sup>では、1962年から1995年までの間に英国でがんの診断を受けた14歳までの子供33,000人の中から、小児白血病の症例と対照が9,700組を対象として、出生地の郵便番号を利用して送電線から1kmの範囲内に住む調査対象者を特定しています。誕生年に存在していた全ての送電線までの最短距離を基にばく露を計算しています。小児白血病については距離に依存する過剰リスクが観察され、送電線までの距離が600mを超える場合と比較すると、500～599mの範囲ではRR(relative risk: 相対リスク)=1.36、0～49mの範囲ではRR=1.67でした。

Kabuto等<sup>11)</sup>は日本で初めて大規模に商用周波磁界と小児がんとの関連性を追究した報告であり、メディアにも取り上げられましたので、記憶されている読者も居られると思います。全国で診断された1,439人の小児白血病症例から、最終的な分析は251人の急性リンパ性白血病症例、61人の急性骨髄性白血病症例と、それぞれ495人と108人の対照者を基に解析されました。0.1 $\mu$ Tを下回るばく露環境の子供と比較した場合、0.4 $\mu$ T以上のばく露に対するオッズ比は全ての小児白血病で2.63(95%信頼区間: 0.77～8.96)でした。一方、0.4 $\mu$ Tを下回る場合は、リスクの上昇は観察されませんでした。

1) 交絡因子: ある因子Aがある病気を招く場合に、A以外の因子Bも同じ病気を招くとします。因子Aとある病気との関連性を調べる際、因子Bが表面には出て来ないため、判断の結果を混乱させますが、この因子Bを交絡因子といいます。

なお、急性リンパ性白血病では統計的に有意な高いオッズ比=4.73 (95%信頼区間: 1.14 ~ 19.7) が観察されたのですが、急性骨髄性白血病ではリスクの上昇は観察されませんでした。WHOの環境保健クライテリア作成のタスク会議では、Kabuto等の結果はプール分析の結果とほぼ一致しているが、サンプル規模が小さく不確実性が大きいため、限定的なものとなっており、回答率の低さがこの調査の限界であったとし、この調査をデータベースに加えても、全体的結果に関する限り、それ程多くのことが追加されることにはならないであろうとの見解を示しています。

2007年6月に発刊された環境保健クライテリアNo.238モノグラフ<sup>9)</sup>で、小児白血病と商用周波磁界との関連性については「IARCの分類は、小児白血病に関する疫学調査で観察された関連性によって大きく影響された。この証拠は限定的という分類は、2002年以降に公表された小児白血病に関する2件の研究を追加しても変更されなかった。IARCモノグラフの公表以来、他の小児がんにする証拠は依然として不十分である。」と記載されています。更に、今後取り組むべき小児白血病に関する疫学研究として「疫学データ(商用周波磁界ばく露と小児白血病のリスク上昇との関連性を示している)と実験およびメカニズムに関するデータ(上記の関連性を支持していない)との不一致を解決することが、この領域における研究の中で優先順位が最も高い。これについて、疫学者と実験科学者との共同研究を勧告する。新たな疫学研究を有益なものとするには、ばく露の新たな側面、他の因子との潜在的相互作用、または高ばく露群に着目するか、あるいはこの研究領域における革新的な別の方法を用いなければならない。加えて、最近の研究データを追加、および新たな見識をこの分析に適用することにより、既存のプール分析を更

新することも勧告する。」と各国の研究者へ提言しました。

環境保健クライテリアNo.238と同時に発表されたWHOファクトシートNo.322<sup>12)</sup>では、「疫学的証拠は、選択バイアスの可能性など手法上の問題によって弱いものになります。加えて、低レベルのばく露ががん発生に関与することを示唆するような生物物理学的メカニズムとして正当と認められたものはありません。(中略)したがって、これら全てを考慮すれば、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ありません。」と述べています。

## 2010年のプール分析

この論文(Kheifets et al., 2010)<sup>2)</sup>は正に、上に述べたWHOの提言に対応して既存のプール分析を更新した研究と位置づけられます。論文は、2000年以降公表された居住環境磁界と小児白血病に関する7つの研究の一次データに基づいて10,865症例、12,853対照者のプール分析を紹介しています。結論を最初に紹介しますが、「磁界は発がん性があるかも知れないという評価を変更させるものではない。」という見解です。

Kheifets等<sup>9)</sup>は、Gleenland等<sup>6)</sup>やAhlbom等<sup>7)</sup>がプール解析を実施した2000年以降に発表された研究を解析しました。PubMedという文献検索と専門家からの情報を通して、筆者らは14の研究のうち、7つの研究を採用しました。採用基準は、小児の白血病に関するデータを示した人口ベースの調査で、住宅内の磁界の測定値または計算値を提示した研究としています。送電線からの距離を用いた研究は一応含めましたが、主な分析には加えていません。

対象として7研究のうち、4つは欧州(2つのイタリア研究、ドイツ、英国からの新しいドレーパーの

研究を含む)で行われたもので、その他は前述のKabuto等の研究である日本、ブラジル、オーストラリアからの研究です。ブラジルの研究はその時点では未発表ですが、そのデータは分析対象に含めています。

7つの研究のうち大多数が英国の研究データを占めていますが、高いレベルの磁界ばく露を受けた者は少数です。ブラジルの研究は、高いレベルの磁界ばく露を受けた者が逆に多く、プール解析の結果に最も強い影響を与えましたが、研究間でのばらつきが少ないため、プールしても問題ないと判断しています。

2000年のAhlbom等<sup>7)</sup>の結果と比較するため、上限カットオフポイント<sup>2)</sup>を $0.4\mu\text{T}$ としています。磁界を計測した日本、ドイツ、ブラジルの研究と、磁界計算した2件のイタリアの研究と英国の研究の2つに分けて解析すると共に、7つの研究を統合して解析しましたが、 $0.4\mu\text{T}$ 以上のカテゴリにおけるオッズ比は、ブラジル研究を含めると1.44 (95% CI=0.80-2.68)、含めないと2.02 (95%信頼区間

=0.87-4.69)となりました。つまり、共に95%信頼区間の下限値が1を下回っているため、統計的には有意差がなかったことを示しています。ブラジル研究を含めない場合は、新たなプール分析の結果はAhlbom等2000年のオッズ比は2.00 (95%信頼区間=1.27-3.13)と大変良く類似した数値を示しました(図3、図4)。

また、電力線からの距離で比較すると、200m以上の子供達に比べて50m以内では小児白血病発症の相対リスクが1.59倍(95%信頼区間=1.02-2.50)で、95%信頼区間の下限が1.02で1を下回らないため、統計的に意味のある増加が認められました(図5)。

結論としてKheifets等<sup>2)</sup>は、全般的には、最近行われた研究の多くで磁界と小児白血病との関連性は弱くなっているが、これらの研究は規模が小さく、見かけ上の関連を取り除くために必要な方法論的改善がなされていない。本プール解析は既存のプール解析と比較して、アジアと南米という広範囲の国々を含んでいる点が重要であると強調していました。要するに、本研究の結果は、磁界と小児白血病に関

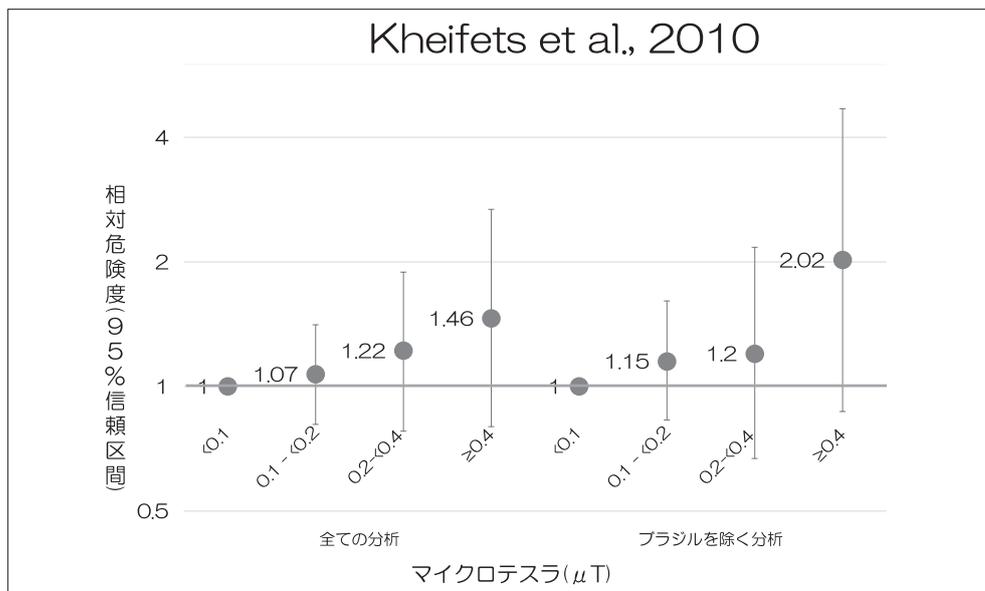


図3 Kheifets等<sup>2)</sup>の磁束密度( $\mu\text{T}$ )と小児白血病発症のオッズ比

2) カットオフポイント(カットポイント):ある因子とある病気との関連性を調べる時、症例群と対照群とを分けるための数値で、その数値設定いかんによって調査の感度や特異度は左右されます。例えば、喫煙者群を毎日の喫煙本数を0本、20本、30本、40本などに分けて肺がんとの関連性を調べますが、この際の本数がこれに相当します。

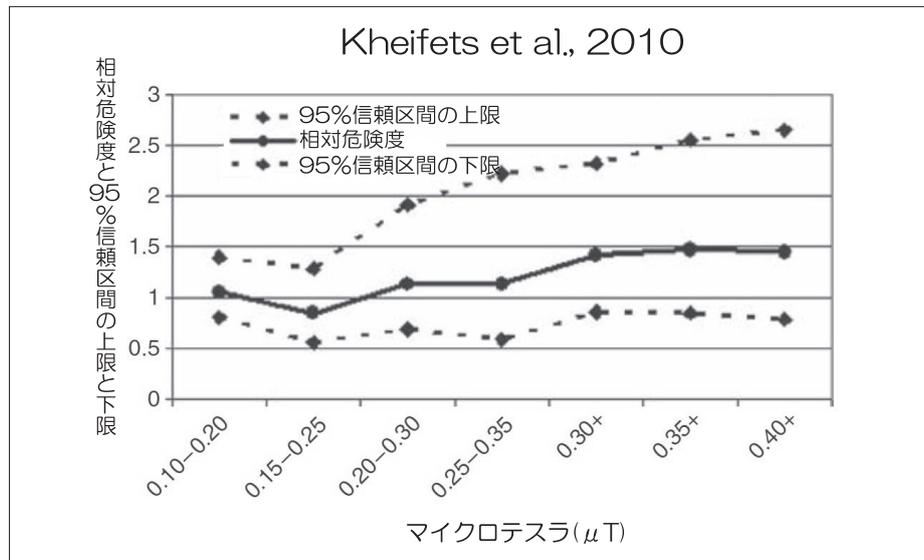


図4 Kheifets等<sup>2)</sup>の段階的磁束密度(μT)と小児白血病発症のオッズ比

する研究は、2002年にIARCが行った磁界にはヒトに対して発がん性があるかもしれない(2B)という既存の評価を変更させるものではないという、WHOの環境保健クライテリア(ELF)No.238モノグラフ<sup>9)</sup>の結論(2007)を支持しているという事になりました。

Kheifets等<sup>2)</sup>のプール分析結果は、British Journal of Cancerという学術誌に掲載されたのですが、同誌に掲載された英国のKroll等(Kroll et al., 2010)<sup>13)</sup>は、以前同僚のDraper等<sup>10)</sup>が報告した内容(小児白血病の発症が送電線との距離に関連するという内容。KrollはDraperの共同研究者で、2つの報

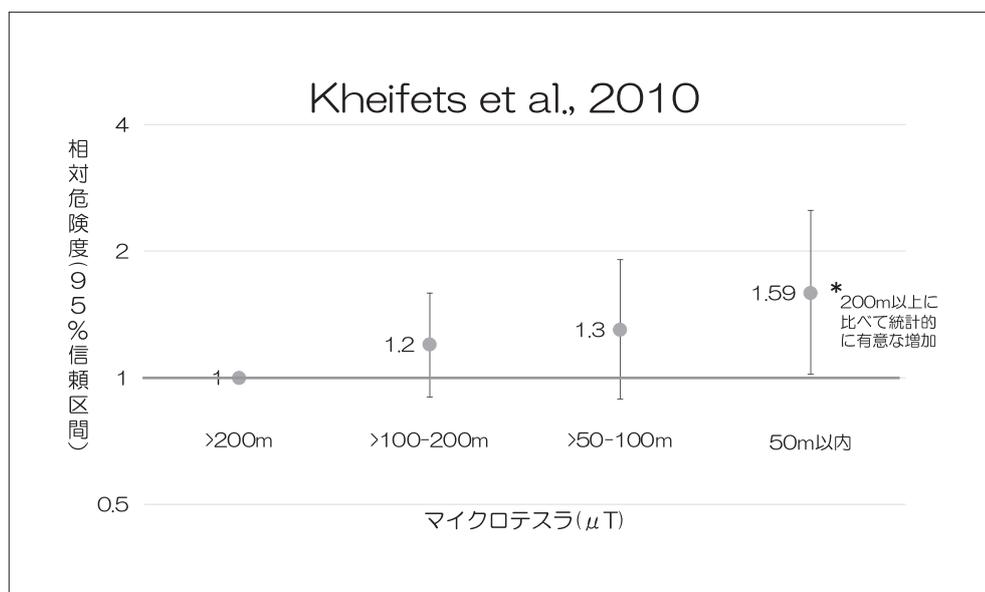


図5 Kheifets等<sup>2)</sup>の送電線からの距離と小児白血病発症のオッズ比

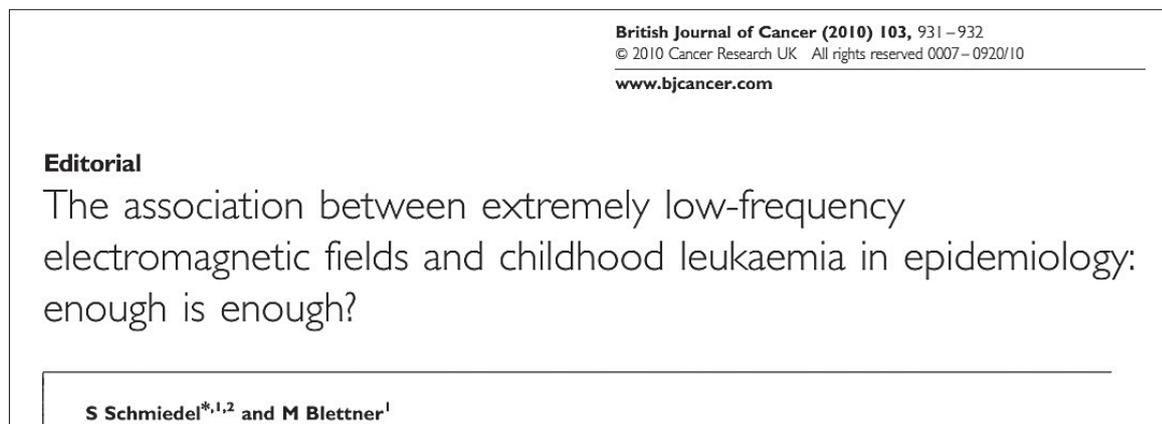


図6 British Journal of Cancer誌の編集者からの論説

告<sup>10),13)</sup>とも二人は共著者)をより詳細に調べた結果、今度はこの関連性が無かったという内容でした。Kheifets等<sup>2)</sup>とKroll等<sup>13)</sup>の論文が同じ号に掲載されたことを受けて、“The association between extremely low-frequency electromagnetic fields and childhood leukaemia in epidemiology: enough is enough? (疫学での超低周波電磁界と小児白血病との関連：もう十分?)”というタイトルで論説(Schmiedel 等 2010)<sup>14)</sup>を掲載しました(図6)。これ以上疫学研究を続けても明快が答えは期待出来ないとの内容です。

しかし、その後も世界中で数多くの疫学研究が行われています。そして11年後の2021年に再びKheifetsグループのAmoon等<sup>1)</sup>の新たなプール分析が発表されました。個人的には非常にインパクトのある内容だと考えていますので、次号ではその内容を紹介いたします。

#### 参考文献

1. Amoon, A.T., Swanson, J., Magnani, C., Johansen, C., Kheifets, L., 2021. Pooled analysis of recent studies of magnetic fields and childhood leukemia. *Environ. Res.*

- 204 (Pt A):111993. doi: 10.1016/j.envres.2021.111993, PMID: 34481821
2. Kheifets, L., Ahlbom, A., Crespi, C.M., Draper, G., Hagihara, J., Lowenthal, R.M., Wunsch Filho, V., 2010. Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. *Br. J. Canc.* 103 (7), 1128–1135. doi: 10.1038/sj.bjc.6605838, PMID: 20877339
3. Wertheimer, N., Leeper, E., 1979. Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am J Epidemiol* 109 (3), 273–284, doi: 10.1093/oxfordjournals.aje.a112681, PMID: 453167
4. Savitz, D.A., Wachtel, H., Barnes, F.A., John, E.M., Tvrdik, J.G., 1988. Case-control study of childhood cancer and exposure to 60-Hz magnetic fields. *Am J Epidemiol.* 128 (1), 21–38. doi: 10.1093/oxfordjournals.aje.a114943, PMID: 3164167
5. Report on health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields, NIH Publication No 99-4493, NIEHS

- (1999) [https://www.niehs.nih.gov/health/assets/docs\\_p\\_z/report\\_powerline\\_electric\\_mg\\_predates\\_508.pdf](https://www.niehs.nih.gov/health/assets/docs_p_z/report_powerline_electric_mg_predates_508.pdf)
- 6.Greenland, S., Sheppard, A.R., Kaune, W.T., Poole, C., Kelsh, M.A., 2000. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. Childhood Leukemia-EMF Study Group. *Epidemiology* 11 (6), 624-634. doi: 10.1097/00001648-200011000-00003. PMID: 11055621
- 7.Ahlbom, A., Day, N., Feychting, M., Roman, E., Skinner, J., Dockerty, J., Verkasalo, P.K., 2000. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br. J. Canc.* 83 (5), 692-698. doi: 10.1054/bjoc.2000.1376. PMID: 10944614
- 8.IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. Lyon, IARC, 2002 (Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 80).
- 9.WHO - World Health Organization. Extremely low frequency (ELF) fields. Environmental Health Criteria, Vol. 238. Geneva, World Health Organization, 2007, [https://www.who.int/peh-emf/publications/Complete\\_DEC\\_2007.pdf](https://www.who.int/peh-emf/publications/Complete_DEC_2007.pdf) (和訳[https://www.env.go.jp/chemi/electric/material/ehc238\\_j.pdf](https://www.env.go.jp/chemi/electric/material/ehc238_j.pdf))
- 10.Draper, G., Vincent, T., Kroll, M.E., Swanson, J., 2005, Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study. *BMJ.* Jun 4;330(7503): 1290-1292, doi: 10.1136/bmj.330.7503.1290, PMID: 15933351
- 11.Kabuto, M., 他17名, 2006, Childhood leukemia and magnetic fields in Japan: a case-control study of childhood leukemia and residential power-frequency magnetic fields in Japan. *Int J Cancer* (2006) 119 (3): 643-650. doi: 10.1002/ijc.21374, PMID: 16496405
- 12.WHO Fact Sheet No. 322, Electromagnetic fields and public health, Exposure to extremely low frequency fields. [https://www.jeic-emf.jp/assets/files/Fact%20Sheets/fact\\_sheet\\_322.pdf](https://www.jeic-emf.jp/assets/files/Fact%20Sheets/fact_sheet_322.pdf) (和訳: ファクトシート 322 (2007年6月) 電磁界と公衆衛生「超低周波電磁界へのばく露」[https://www.jeic-emf.jp/assets/files/pdf/faq/Factsheet\\_No322.pdf](https://www.jeic-emf.jp/assets/files/pdf/faq/Factsheet_No322.pdf))
- 13.Kroll, M.E., Swanson, J., Vincent, T.J., Draper, G.J., 2010, Childhood cancer and magnetic fields from high-voltage power lines in England and Wales: a case-control study. *Br. J. Canc.* 103 (7), 1122-1127. doi: 10.1038/sj.bjc.6605795, PMID: 20877338
- 14.Schmiedel, S., Blettner, M., 2010, The association between extremely low-frequency electromagnetic fields and childhood leukaemia in epidemiology: enough is enough? *Br. J. Canc.* 103 (7), 931-932. doi: 10.1038/sj.bjc.6605837, PMID: 20877335

# BioEM2021(ゲント)発表報告

## 情報調査グループ

2021年9月26日～10月1日の6日間の日程で、ベルギーのゲントのFlanders Expo会場においてBioEM2021が開催されました。BioEMは米国の生体電磁気学会(BEMS)と欧州電磁気学会(EBEA)が合同で開催する生体電磁界分野で最も権威のある国際会議です。同会議は毎年6月下旬に開催されていましたが、新型コロナウイルスの影響を受けて2020年6月英国オックスフォード、2021年6月米国ハワイでの開催が中止され、今回の開催は約2年半ぶりのものとなりました。本会議はオンサイトとオンラインのハイブリット形式で実施され、オンサイトでの参加者は約120名、オンラインでの参加者は約150名で合計の参加者は約270名となりました。

電磁界情報センターからはポスターセッション部門で「Measurement Accuracy of Inexpensive Magnetic Field Meters and Magnetic Field Meter Applications for Smart Devices」と題して、廉価な磁界測定器とスマートデバイス用磁界測定アプリの測定精度の検証結果について、現地で興味を持っていただいた方への説明とオンラインでのチャット質問に対する回答を行いました。

### ベルギーへの入国

投稿していた論文の採択通知を受け取った8月は日本国内において新型コロナウイルス感染症の感染者が過去最大を更新していた時期でした。そのため、国際会議への参加のためのベルギーへの渡航可否についても慎重に判断する必要性がありました。具体的な渡航準備を開始する9月になって、日本の感染者数も急速に減少してきたこともあり、何とか現地での参加への目途が立ちました。ただし、まだその頃は日本のワクチン接種証明書の有効性の確認が取れていない状態で、果たして無事に大会に参加することが出来るのか不安が尽きない状況でした。

このような状況の中で、旅立つ前日まで入国に関する情報収集や大使館との調整を行い、辛うじて無事に入国を果たすことができました。

### ゲントについて

ベルギー西部などに位置するフランドル地方の中心となる町ゲントは、その南東に位置する首都ブリュッセル、北東に位置するアントワープに次ぐベルギー第3の都市です。市中心部は世界遺産に登録されている建造物が複数あり、風情ある石畳の路地や童話の世界のような町並みが広がることで過去と現在が絶妙なバランスで共存するヨーロッパでも最も美しい歴史都市のひとつです。また別名「花の都」とも呼ばれ、5年に一度世界的に有名な国際フラワーショー「ゲント・フローリア」が開催されることでも有名です。



### BioEM2021について

今回行われたBioEM2021は、世界的に有名な研究者による招待講演、特別セッションやワークショップ、チュートリアルに加え、世界中の学生が自身のコミュニケーションスキルを向上させるための発表大会もありました。219報の論文が提出され、採用された論文に対し13のセッションと1つのポスターセッションで発表が行われました。特に今年は学生の発表者数が37人と例年よりも多く、組織委員会は若い研究者の意欲的な参加に大変喜んでおりました。日本人の現地参加は、新型コロナウイルス感染症による影響で3人のみで心淋しくもありましたが、学生のオンライン参加に限っていえば、日本人がトップの9人(2位はイタリアの5人)で少し誇らしく感じた部分もありました。

海外と日本の学会の違いについて感じたことを少し

お話しします。日本の学会では、スーツ、ネクタイ等フォーマルな服装がマナーとされ、どちらかというと格式ばったお堅いイメージがありましたが、本大会の参加者はとてもカジュアルで、会議中も皆フレンドリーにとっても穏やかな雰囲気の中で行われておりました。また、発表の合間に設けられたブレイクタイムでは様々な国の方がコーヒーなどを飲みながら活発に意見交換を行っており、日本では見られないような光景を目の当たりにしました。「日本の常識は海外で非常識」と言われたかのようなカルチャーショックを受けた一コマでした。



会議の様子(ハイブリッド形式)

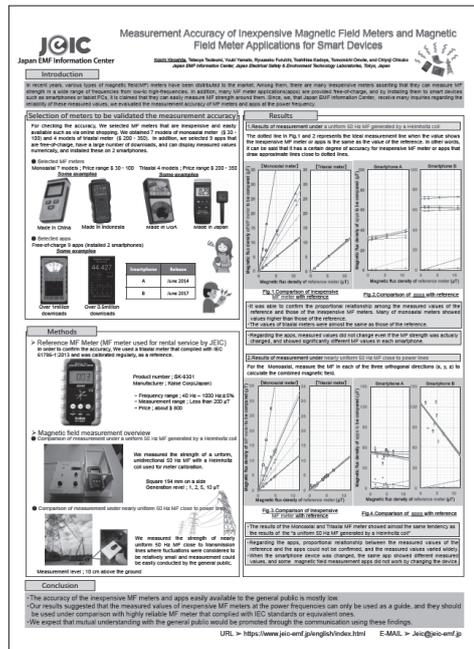


BioEM2021の会場 (Flanders Expo)

## ポスターの発表について

私にとって今回が初めての海外発表であったため、ポスターを作成する際は、自分が英語で説明する姿が想像できず、なかなか作業が進みませんでした。一人英語で声に繰り返し出しながらイメージを膨らませ、時間はかかりましたがなんとか仕上げることができました。

発表中は終始緊張し、片言の英語での説明に相手に上手に伝わったかどうかはわかりませんが、やり切った思いはあるので、初めてにしてはまずまずの出来ではないかと思っております。



ポスターの縮小版を上図に示しますが、発表内容の詳細については、2021年4月発行のJEIC NEWS No.60「JEICレポート④」をご覧ください。

## まとめ

ポスター発表を通して、約8名の方々と会場でお話しをし、1名の方からオンラインでの質問に回答を行いました。活発な議論をすることができ、市場にある廉価な測定器や無料の測定アプリについての関心の高さをうかがい知ることができました。また、電磁界情報センターという組織に対しての質問もあり、国際的な存在感を高めることにも貢献できたのではないかと考えています。今回の発表を通して得られた経験や意見を活かし、電磁波に対して心配をされる方々の理解がより促進するよう、サービスの更なる向上に向けて取り組んで参ります。

BioEM2022年度大会は名古屋開催が予定されておりますので、ご興味のある方は是非ご参加ください。



ポスター発表の様子

# コラム

## かみなりと稲妻

ここ数年、気候危機なのか真夏日・猛暑日が続き、頻発する線状降水帯での記録的豪雨。そして、新型コロナウイルスの感染騒動も二度目の冬に入り、すっかり変わった日常。このような中で棚からかみなりを話題とした18世紀から19世紀に創作され世界文学となった小説を手に取りました。

ホーレス・ウォルポール(1717-1797)の『オトランド城綺譚』(1763)。文学史上このゴシック・ロマンスが後の恐怖小説の先駆けと言われ、舞台は13世紀頃。そして翻訳本が2冊手元にある。平井呈一氏の訳では、「と、その刹那、轟然たる落雷の音が、オトランドの城を礎まで揺るがした。大地は濤のように揺れ、」(173頁)。同じ個所を千葉康樹氏が訳すと、「ところが、その刹那です。雷鳴が烈しく轟いたかと思うと、城全体がその土台から大きく揺れたのです。大地までが大きく動いたほどでした。」(146頁)。かみなりの場面の翻訳は「落雷の音」と「雷鳴」。原文では「Thunder」。翻訳の力ではどちらがより強く恐怖を感じるのだろうか。

『レ・ミゼラブル』で有名なヴィクトル・ユゴー(1802-1870)のかみなりを話題にした小説には、21歳の時に書いた山のかみなりの『氷島奇談』(原題はアイルランドのハン)(1823)と60歳を過ぎて海のかみなりを話題にした『海に働く人びと』(1866)。山のかみなりでは、主人公オールドネルが案内人を伴って山中をさ迷う途中、「このとき、ものすごい稲妻が湾や丘や岩や塔を照らし出したが、二人の旅人がこれら

の事物を見分ける暇もないうちに、たちまち消えてしまった。二人は思わず足をとめた。稲妻のあとすぐに激しい雷鳴がとどろき、その反響は雲から雲へと空をかけ、岩から岩へと地をはった。」(87頁)。レイ・ナポレオンの追求

から逃げガンジー島に移り住んだユゴーが、実体験と豊かな想像力を駆使した海のかみなりでは、主人公ジリヤットの冒険に、荒れ狂う海、大嵐、風雨、雷が立ちはだかる。そして、安らぎを得るまでの描写は圧巻である。抜粋してみると「にわか雨、大風、雷光、雷鳴、雲に達する波、水泡、爆破音、強烈なねじりあげ、悲鳴、叫喚、風の吹くすさぶ音、これらすべてが一度に襲来した。怪物たちが怒り狂ったのだ。」(242頁)。

子供のころ読んだ空想科学小説の『海底二万里』(1870)や『八十日間世界一周』(1872)を書いたジュール・ヴェルヌ(1828-1905)の『地底旅行』(1864)は、リーデンプロック教授がリーダ、甥のアクセルを語り手として、案内人のハンスからなる冒険の物語。彼らはアイスランドの火山の火口から地中に入り地中海の活火山ストロンボリの火道から地上に出てくる。



エッフェル塔への落雷(1890)  
(ルーブル美術館絵葉書)

この小説では地底で遭遇したかみなりが描かれる。「稲妻が絶え間なく走る。上から下にぱっと走るかと思うと、下から上にジグザグに駆け上がり、花崗岩の天井にぶつかる。天井がくずれたりしようものなら！ また、まっふたつに裂けたり、火の玉になって爆弾のように炸裂したりする稲妻もある。かといって音は全体としてそれ以上大きくなって聞こえるわけではない。すでに人間の耳が知覚しうる限界を超えてしまっているのだ。世界じゅうの火薬庫が一時に爆発したとしても、そのときの音には及ぶまい。」(165頁)。絶え間なく雷鳴がなり、稲妻が走るかみなりは火の玉である。

さて、科学史上ではベンジャミン・フランクリン(1706-1790)がロンドン王立協会のピータ・コリンソン(1694-1768)宛の手紙で凧を揚げてかみなりが電気現象であることを見出したとある。「まず2本の軽い杉の木で十字をつくり、その一端にうすでの大きな絹のハンカチーフをかけ、その四隅を十字の四端にむすびつけて凧の形をつくります。これに適宜の尾と紐をつけ、凧と同様にして空中にあげます。これは紙とちがい布ですから、ぬれても嵐にあっても、よくたえて破れません。この十字の頂上に先のするどく尖った針金を、木の上に1フィートくらい高くとりつけます。紐のはしに絹のリボンをつけ、絹と紐の合わせめに一箇のかぎをむすびつけます。この凧を雷がなりだしたら空高くあげるのです。凧の紐をもっている人は、屋内かまたは何かのおおいの下にはいって、絹リボンがぬれないようにします。そして紐が戸口や窓にふれないように注意します。雷雲が凧の上にくるや否や、尖った針金は電光をひきつけ、凧と紐は帯電し、リボンの織糸は四方にゆりうごき、指は感電します。雨が降ってきて、凧と紐は濡れると、電気は自由に伝わってくるので、かぎにこぶしをちかづけると、その部分に電光が飛びます。このかぎにレーデン瓶をつらねて

電気をたくわえることもできます。こうして得た電気は、アルコールに火を点じたり、またあらゆる電気実験をこころみることもできます。この実験はたいいてい清潔なガラス球かガラス管でおこない、電氣體が稲妻と全然同じであることを証明することができます。」(144-145頁)。雷雲が接近する時に凧を揚げて、「指は感電し」とかなりの危険が伴うのに何もなかったかのように、かみなりが電気現象であると報告している。実験の危険性を考えると事故はなにもなかったのでしょうか。フランクリンと同じような実験を行ったリヒマン(1711-1753)が落雷で亡くなった最初の人物とされる。

ガルヴァーニの電気実験に触発されて人造人間を扱ったメアリー・シェリー(1797-1851)の『フランケンシュタイン』(1818)は、北の海に消えていく哀しい物語です。石原慎太郎氏が自身遭遇した海上での落雷を描いた小説があったと記憶するがタイトルを思い出さない。福岡大宰府に流された菅原道真も古典文学では雷神である。長い在宅でかみなりを話題とした小説を探してみませんか。タイトルからは『蜜蜂と遠雷』、道尾秀介の『雷神』か。

## 参考

- ・ホーレス・ウォルポール：『オトランド城綺譚』(平井呈一訳、牧神社、1977年)
- ・ホーレス・ウォルポール：『オトランド城』(千葉康樹訳、研究社、2012年)
- ・ジュール・ヴェルヌ：『地底旅行』(加藤晴久訳、中央公論社、昭和47年)
- ・ヴィクトル・ユゴー：『氷島奇談』(島田尚一訳、中央公論社、昭和39年)
- ・ヴィクトル・ユゴー：『海に働く人びと・小ナポレオン』(金柿宏典訳、潮出版社、2001年)
- ・メアリー・シェリー：『フランケンシュタイン』(森下弓子訳、創元推理文庫、新潮社、1984年)
- ・蓀澤忠枝編訳：『フランクリンの手紙』(岩波文庫、岩波書店、1951年)

## 電磁界情報センター賛助会入会のご案内

当センターは、センターの活動にご理解を頂ける皆さまの賛助会費によって支えられています。  
賛助会員には3つの種別があります。

- |                   |               |
|-------------------|---------------|
| ● 法人特別賛助会員 (1号会員) | 年会費 100万円 / 口 |
| ● 法人賛助会員 (2号会員)   | 年会費 1万円 / 口   |
| ● 個人賛助会員 (3号会員)   | 年会費 3千円 / 口   |

入会をご希望される方は、センターホームページへアクセス、又は電話 / FAXにてお問い合わせ下さい。

電磁界情報センターホームページURL <https://www.jeic-emf.jp/>

TEL : 03-5444-2631 / FAX : 03-5444-2632

### （ 「JEIC NEWS」 に対してご意見・感想をお寄せ下さい ）

「JEIC NEWS」は、センターの活動報告、国内外の最新情報、電磁界（電磁波）に関する豆知識などの記事を4カ月に1回程度で発行しています。読者の皆さまからの本誌に対するご意見・感想をお寄せ下さい。記事としての掲載など誌面づくりに活用させていただきます。

#### 例

- 海外の専門家の記事を紹介してほしい。
- 電磁界（電磁波）に関する技術解説記事が読みたい。
- 電磁界情報センターのセミナーに参加して良かった。（もっと改善してほしい）
- 電磁界（電磁波）の説明や表現をもう少し分かりやすくしてほしい etc.

※掲載にあたり、読みやすさの観点から表現を変更・修正させて頂くことがあります。  
※個人への誹謗・中傷に当たる表現は削除させていただきます。

ご投稿は、下記に掲載の連絡先（電話、FAX、E-mailのいずれか）までお願いします。  
皆さまの声をお待ちしています。

### 編集後記

2020年1月に新型コロナウイルスの感染者が日本で確認されてから、2年が経とうとしております。その間、感染者が増加に転じるたびに私たちの生活が脅かされてきましたが、70%以上の方がワクチン接種を終え、飲み薬も開発され、徐々にではありますが改善の兆しが見え始めております。来年こそは、新型コロナウイルス感染症が国民の恐れることのないものになる日が来ることを望んでおります。

さて、電磁界情報センターでは、7月に2名の異動があり、新たに着任された今村特命GMに巻頭言を担当していただきました。

今後は新体制のもと、より一層みなさまにご理解いただけるよう取り組んでまいりますので、どうぞよろしくお願いいたします。

情報調査グループ 木下 浩一

JEIC NEWS No.62 2021 (令和3)年12月13日発行

編集 電磁界情報センター 情報調査グループ

発行人 電磁界情報センター所長 大久保千代次

住所 〒105-0014 東京都港区芝2-9-11 3F

連絡先 TEL : 03-5444-2631 FAX : 03-5444-2632 E-mail : jeic@jeic-emf.jp

URL <https://www.jeic-emf.jp/>