

# JEIC NEWS

Japan EMF Information Center News

2010年12月発行

No.

12

Index

●  
電磁界情報センターの2年間の活動を振り返って

●  
EMFトレンド情報

小児白血病の疫学論文紹介

●  
EMF関連情報

電磁界問題あれこれ⑩ 商用周波電磁界の健康影響⑤

●  
JEICレポート

特別講演 超低周波電磁界に関するガイドラインの改定について

●  
電磁波のそこが知りたい!

「電気に関する単位の話 第9回 ～ファラデーとは?～」

「電磁波はどこから出ているの? 第2回 ～電子レンジ編(補足)～」



電磁界情報センター

# 電磁界情報センターの2年間の活動を振り返って

情報提供グループ 足立 浩一

11月4日、国際非電離放射線防護委員会(ICNIRP) 議長のパオロ・ベッキア氏をお招きし、東京の日本科学未来館にて特別講演を開催しました。ご参加頂いたみなさま、ありがとうございます。講演の様子を紹介は後のページに譲りま

すが、実はちょうど2年前の11月4日は、電磁界情報センターの業務を開始した日にあたります。その2年前の開所式で、ベッキア氏から頂いた祝電の言葉を思い出しました。

電磁界へのばく露が健康リスクになるのかどうかについての論争が増えるにつれ、電磁界の健康影響問題は、人々がリスクをいかに認識するかという社会的関心事項となり、さらに、電磁界の健康リスクに対する人々の認識が時には偏っている可能性もあることがわかってきました。このことから、これからは、電磁界に関するさまざまな関係者の間で、透明かつ科学的に正しい情報に基づく効果的な対話が必要になってきます。日本の電磁界情報センターは、このような対話を実行するためのパイオニア的な役割を果たす組織であり、このような組織が他国にも広がっていくことが、国際非電離放射線防護委員会の心からの願いです。

(ベッキア氏祝電の抜粋、電磁界情報センター 訳)

私は、この2年間、センターの理念・目的である「リスクコミュニケーションの実践」を念頭に置きつつ、電話やメールのお問い合わせに回答したり、全国各地で開催しているセミナー等でみなさんのご意見などを聞いたりしてきましたが、「コミュニケーションっていったい何だろう」と、考えてしまうことがあります。

ベッキア氏の言葉の中の「透明かつ科学的に正しい情報に基づく」の部分は、センターにとっては必須事項ですが、一般の人たちにとっては、自分の目の前で起こっていることは科学的かどうかに関係なく事実です。コミュニケーションが専門家の説得手段になってしまっただけではいけないと思います。しかし、一般の人たちも、インターネットや雑誌、書籍などのいろいろな情報源の中から、何が正しい情

報なのかを判断する目を養わなければなりません。そのためには、興味を持つこと、そして学ぶことが必要だと思います。みなさんが学ぶためのアイテムの一つとして、センターを活用して頂ければと思っています。

コミュニケーションは、それぞれの立場の人たちが、お互いの立場を尊重し合ってはじめて気持ちを通じ合うものではないでしょうか。たとえ、主義・主張が違っていても、気持ちが通じ合えばそこに信頼関係が生まれるものと信じています。

話が飛躍し過ぎてしまいましたが、今後もみなさんの疑問・意見等を遠慮なく言える環境を作り、みなさんとの信頼関係を構築できるよう努めて参りますので引き続き宜しくお願いします。

# 小児白血病の 「疫学論文紹介」

電磁界情報センター所長 大久保 千代次

2010年、ブリティッシュ・ジャーナル・オブ・キャンサー (British Journal of Cancer) 9月28日号に、商用周波磁界と小児白血病との関連性に関する疫学研究について大変興味深い論文と論説が発表されました。まず初めに、これまでの疫学研究の流れを紹介します。

## 2002年のIARCの評価

1979年にワートハイマーおよびリーパーが、居住環境での超低周波 (ELF) 磁界と小児白血病との関連を示唆する最初の報告をしました。その後、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、プール分析が行われています。2001年には国際がん研究機関 (IARC) が行ったELF磁界の発がん性評価タスク会議で、2つのプール分析 (アールボム等 2000とグリーンランド等 2000) が注目されました。アールボム等は優れた9編の症例対照研究\*で用いたデータをプールして分析した結果、 $0.4\mu\text{T}$ を下回るELF磁界へのばく露では小児白血病とは関連性はなく、 $0.4\mu\text{T}$ を上回るばく露では2前後のオッズ比\*\*が観察されたことから、過剰リスクが2倍であると推定しました。もう少し詳しく説明します。3,203人の症例と10,338人の対照を調査したのですが、 $0.4\mu\text{T}$ を上回るばく露に居住環境での小児白血病患者数が、症例群で44人、対照群で62人。もともと対象とした人数が異なりますので、対照群と差が無ければ症例群では24.2人と推定されます。しかし、症例群では44人で対照群に比べて19.8人、より多くの小児白血病が発生している事になります。このことから、オッズ比が2倍とされたのです。磁界が小児白血病の原因と仮定した場合、3,203人の小児白血病患者の中で20人が、磁界によるハイリスクグループと推定されることとなりますので、患者全体からの寄与度は低いことが分かります。もうひとつのプール分析 (グリーンランド等、2000) では、調査対象の基準を緩和して12編の疫学研究を対象とし、 $0.3\mu\text{T}$ を最も高いカットオフポイント\*\*\*として、 $0.3\mu\text{T}$ を超えるばく露の相対リスクは1.7と報告しています。

これら2つのプール分析の結果がほぼ一致しているため、ELF磁界ばく露と小児白血病リスクとの間に一貫した疫学的関連性があるとの根拠を提供したと言えます。(なお、ELF磁界のばく露が、小児の脳腫瘍やその他のがんに関連しているとの証拠も、また、居住環境または職業的ばく露が成人のがんリスクを増加させるという、首尾一貫した証拠も見つかっていません。)

\*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。

\*\*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やその強さを相対危険度の大きさで推定しますが、症例対照研究では、オッズ比が使用されます。

\*\*\*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敏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。

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。特に、調査対象者の参加率が異なるなどの選択バイアス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ます。一方、未知の交絡因子\*\*\*\*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述べています。そして、小児白血病に関しては、ELF磁界の「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。

\*\*\*\*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。

一方、ELF磁界の発がん性の同定には、一般的には、疫学研究だけでなく動物や細胞を用いた生物学的研究の裏付けが必要です。動物への生涯を通じての磁界ばく露やがんに罹りやすい動物を用いた動物研究や、発がんに関わる細胞内プロセスについての細胞研究からは、ELF磁界には発がん性があるという仮説の裏付けは得られなかったため、IARCは動物実験で「発がん性の証拠は不十分」であり、「データは入手できなかった」としています。そして、結論として、ELF磁界は「ヒトに対して発がん性があるかもしれない(2B)」と総合評価しました。

## 参考文献

- 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).
- A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemia. Ahlbom A, Day N, Feychting M, Roman E, Skinner J, Dockerty J, Linet M, McBride M, Michaelis J, Olsen JH, Tynes T, Verkasalo PK., Br J Cancer. 2000 Sep; 83(5): 692-8
- A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. Childhood Leukemia-EMF Study Group. Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, Poole C, Kelsh MA. Epidemiology. 2000 Nov; 11(6): 624-34.

## 2005年のWHOの評価

2005年末にWHOは国際電磁界プロジェクトの中で、ELF電磁界（表面上100kHzとなっていますが、実質50Hzや60Hzの商用周波電磁界を対象としています）、特に商用周波電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No.238モノグラフとして発刊しました。こ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、日本の国立環境研究所の故岡眞徳先生の疫学研究（カプト等、2006）と英国のドレーパー等（2005）の2つの疫学研究が発表されました。

カプト等（2006）は日本で初めて大規模にELF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、関心が深い読者が多数いると思います。ここで、少し詳しく紹介しましょう。症例対照研究の対象とする地域は18の都府県で構成され、日本の0～15歳の子供の総数2,000万人のうちの1,070万人（53.5%）をカバーするキャッチメント・エリアを設定しました。1999年から2002年に診断された15歳以下の子供を対象に、急性リンパ性白血病（ALL）と急性骨髄性白血病（AML）の調査を行っています。1症例ごとに、性別、年齢別、居住地域がマッチする対照を

最大で3例選択しました。ばく露評価では、子供が毎日最も長い時間を過ごす部屋や家屋の四隅と玄関で5分間の磁界測定を行うとともに、子供の寝室で1週間の測定を行っています。各家屋から100m以内に設置されている最も近い架空送電線(22~500kV)までの距離を測定しました。家族の居住歴を基に、妊娠から診断日に至るまでに居住した期間を評価しています。また、磁界のレベルは季節変動するため、これが原因で起こる情報バイアスを少なくするため、症例と対照の比較には時間差が生じないように調整しました(平均で2.6日以内)。主要なばく露尺度は子供の寝室での週間算術平均磁界とし、これまでの各国の疫学調査では最も長期の測定をしています。アールボム等のプール分析と比較できるようにするためカットオフポイント0.1 $\mu$ T、0.2 $\mu$ T、0.4 $\mu$ Tを用いました。全国で診断された1,439人の小児白血病症例から、キャッチメント・エリア内に居住する781人(ALL + AML)症例に対し、最終的な分析は251人のALL症例、61人のAML症例と、それぞれ495人と108人の対照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。このリスクはALLでは高い(オッズ比 = 4.73(95%信頼区間: 1.14~19.7)) のですが、AMLではリスクの上昇は観察されませんでした。

\*\*\*\*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。

WHOの環境保健クライテリア作成のタスク会議では、カプト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と、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。

さて、もう一つのドレーパー等(2005)が実施した調査では、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、種々のがんを登

録簿より特定し、各症例に対し、性別、生年月日、出生登録地区がマッチする対照を1つ選択しています。その中には小児白血病対照が9,700組含まれていたため、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。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。

WHOの環境保健クライテリア作成のタスク会議では、「この調査規模の大きさから、この論文におけるリスク推定値はしっかりしたものはずである。更に、以前の調査では症例と対照の参加率の違いによる選択バイアスが問題となる場合があったが、この調査では対象者との接触が必要とされないため、この選択バイアスは避けられた。ゆえに、この著者等や他の研究者等も指摘していることであるが、今回の調査結果が、選択した対照集団に依存することや、これほど遠くの電力線について過剰リスクが観察されたことは意外である。これに加え、距離は磁界ばく露の予測因子としては極めて不十分なものであることが知られていることから、磁界計算値が出揃った際には、この調査結果は、更に多くの情報を提供することになるであろう。」との見解を示しています。ドレーパー等(2005)の研究の再評価は、共著者であったクロールが筆頭著者となってBritish Journal of Cancer(2010)9月28日号に掲載されていますので、後述します。

環境保健クライテリアNo.238モノグラフで、小児白血病とELF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、他の小児がんに関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(ELF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。

#### 参考文献

- WHO - World Health Organization. Extremely low frequency (ELF) fields. Environmental Health Criteria, Vol. 238. Geneva, World Health Organization, 2007

## 2010年のプール分析論文

カイフェッツ等によって、「ELF（商用周波を含む300Hzまでの超低周波）磁界と小児白血病に関する最近の研究のプール分析」が発表されました。

[Pooled Analysis of Recent Studies of ELF MF and Childhood Leukemia. Kheifets L, Ahlbom A, Crespi CM, Draper G, Hagihara J, Lowenthal RM, Mezei G, Oksuzyan S, Schüz J, Swanson J, et al. Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. Br J Cancer. 2010 Sep; 103(7): 1128-35.]

この論文は正に、WHOの2007年の推奨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人の症例、12,853人の対照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。

#### 方法

筆頭著者であるリーカ・カイフェッツ (UCLA、米国) をはじめ、電磁界疫学研究において有名な著者らは、アールボム他やグリーンランド他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、その他は日本（前述したカプト研究）、ブラジル、オーストラリアからの研究です。ブラジルの研究は未発表ですが、そのデータは分析対象に含めています。

#### 結果

7研究のうち大多数が最近のドレーパー研究からのデータ提供ですが、ドレーパー研究では高ばく露カテゴリに含まれる者は少なく、ブラジルの研究は、高ばく露カテゴリ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年のアールボム等の結果と比較するため、上限カットオフポイントを $0.4\mu\text{T}$ 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改正しましたが、 $0.4\mu\text{T}$ 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1.46 (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。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アールボム等2000年の結果（オッズ比2.00、95%信頼区間= 1.27~3.13）と非常に良く類似しています。

結論として著者等は、全般的には、最近行われた多くの研究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す。要するに、本研究の結果は、磁界と小児白血病に関する最近の研究は、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No.238の結論（2007）を支持しているという事になりました。

（次号につづく）

# EMF関連情報

## 電磁界問題あれこれ⑩

# 商用周波電磁界の健康影響⑤

電磁界情報センター所長 大久保 千代次

### 従来の論文と比較して

2010年9月に、商用周波磁界と小児白血病に関する最近の研究のプール分析(カイフェッツ等, Br J Cancer 103:1128-113, 2010)が発表されたことは本ニュースレター「EMFトレンド情報」で紹介しました。両者との間に一貫した疫学的関連性を示した2000年の2つのプール分析が重要な判断材料となっており、2001年国際がん研究機関は商用周波磁界を、「2B:発がん性があるかもしれない」と評価しました。その後、日本の兎論文を含む2つの疫学研究が公表されましたが、2007年のWHOの環境保健クライテリアNo.238では、新しい研究結果を加えても発がん性の評価分類は変わらないとしました。それから3年後、今回の論文の結論も、2Bという評価を変更させるものではないという見解です。

### WHOの見解

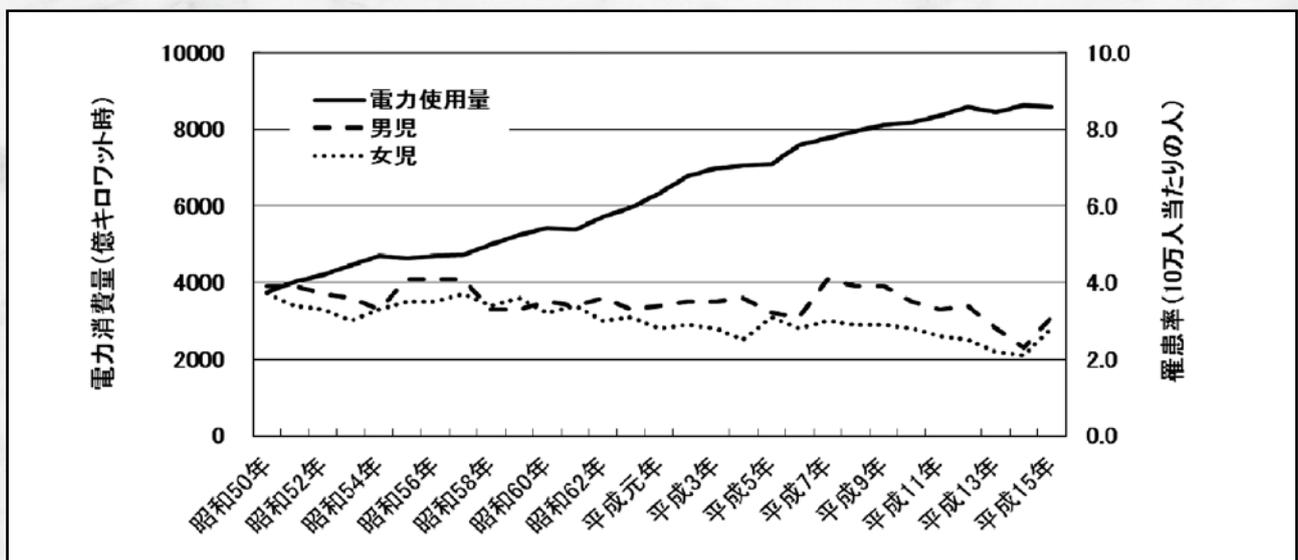
WHOでは、商用周波磁界と小児白血病との関連性は因果関係があるとは言えないとする一方、観察された関連性

が因果関係であるならば、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指摘しています。

### 日本国内の調査

そこで、日本国内の電力消費量の推移と小児白血病の罹患率を調べてみました。図をみると、平成15年の電力消費量は昭和50年に比べて2倍以上増えていますが、小児白血病の罹患率は逆に減少しています。このような経年的な発症率の変化から、ある因子の疾病への寄与リスクを推定するには、その寄与リスクが大きい場合にはある程度有効ですが、日本では磁界の小児白血病への寄与リスクは1%未満と推定されていますので、小児白血病との関連性は否定されたという解釈は間違いです。しかし、大掴みに小児白血病の発症に商用周波磁界が大きく関与していないということを示しているとは言えます。携帯電話の使用が脳腫瘍を招くかもしれないとの懸念から、脳腫瘍の発症率の推移を調べられていますが、同様のことが言えます。

(次号につづく)



## 特別講演 超低周波電磁界に関する ガイドラインの改定について

講演者 国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) 委員長 パオロ ベッキア 氏

情報提供グループ 森山 孝史

2010年11月2日(火)に大阪市西区の財団法人大阪科学技術センター、11月4日(木)に東京都江東区の日本科学未来館において、国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) 委員長のパオロ・ベッキア氏による特別講演を開催し、大阪会場68名、東京会場165名の参加をいただきました。



### 特別講演開催の経緯

ICNIRPでは、世界保健機関 (WHO) が2007年6月に公表した環境保健クライテリアNo.238「超低周波電磁界」を受け、1998年に制定したばく露制限ガイドライン (300GHzまで) の改定作業を進めていましたので、その概要を紹介するために電磁界情報センターにて開催したものです。

### 特別講演の概要

最初にICNIRPの役割や組織構成などの概要につ

いて紹介いただいた後、本題であるガイドラインの作成プロセスや改定ガイドラインの概要、さらには、超低周波電磁界リスクの社会的影響や将来的な更なるガイドライン改定の可能性などについて、講演をいただきました。その後、参加者から事前に寄せられた質問に対し回答をいただきました。

参加者が最も知りたいと思われる改定ガイドラインの制限値などの具体的な内容については、残念ながら、特別講演の時点で改定ガイドラインが公表されていなかったため、紹介いただけませんでした。それでも新ガイドラインの特徴などについて説明があり、参加された多くの方々には講演や質疑応答の内



大阪会場



東京会場

容を熱心に傍聴されていました。また閉会時には盛大な拍手をいただくなど、ご満足いただける特別講演になったと感じています。

予定ですので、もう暫くお待ちいただければと思います。

## 改定ガイドライン

この改定ガイドラインは、2010年11月16日(火)に、ICNIRPのホームページに公表されました。その全文(英文のみ)は、<http://www.icnirp.de/PubEMF.htm>から入手可能です。日本語訳については、後日、電磁界情報センターのホームページ(<http://www.jeic-emf.jp>)に公開予定です。

また、特別講演の記録および講演資料についても、今後、電磁界情報センターのホームページに公開

## プログラム

- 1 開会挨拶、パオロ・ベッキア氏の紹介
- 2 超低周波電磁界と健康:生体への影響、リスク認知、防護(パオロ・ベッキア氏講演)
- 3 質疑応答
- 4 閉会挨拶

# 電磁波のそこが知りたい!

「電界」と「磁界」をあわせたものを電磁界と呼びます。電磁界は周波数が高くなると、電界が磁界を生み磁界が電界を生み…というくあいに、次々と波として遠くに伝わる性質が強くなっていきます。この波のことを「電磁波」といいます。センターのホームページなどでは「電磁界」と呼んでいますが、ここでは、一般の方々へのわかりやすさの観点から「電磁波」と呼びます。

## 電気に関する単位の話

第9回

# ファラデーって?

シリーズの6回目として、ファラデーについてのお話をご紹介します。

1791年、ファラデー(Michael Faraday 1791~1867)は、イングランドのサリー州、ニューイントン・バット(Newington Butts)村で鍛冶屋職人の第3子として生まれましました。この年は、モーツァルトが若くして亡くなった年でもあります。ファラデーが5歳の頃、一家は職を求めてロンドンに移住しました。労働者階級の子供として生まれたファラデーは、13歳の時、製本業を営んでいる書籍商、リボー(George Riebau)の店に使い走りとして無給で採用され8年間を過ごします。この間、ファラデーは、リボーに可愛がられ製本の仕事の傍ら、化学、電気関係の知識を身につけて、次第に化学の勉強ができる仕事に就きたいと考えるようになっていきました。

ファラデーにとって転機が訪れたのは、リボーの上得意客であった王立研究所会員の紳士が、王立研究所ハンフリー・デイヴィー教授(Sir Humphry Davy; 1778~1829)の講演会の入場券をプレゼントしてくれたことです。デイヴィー教授の講演を聴いたファラデーは、その講演内容を取りまとめたノートを作り、立派な製本に仕上げました。講演を聴いた1812年の暮

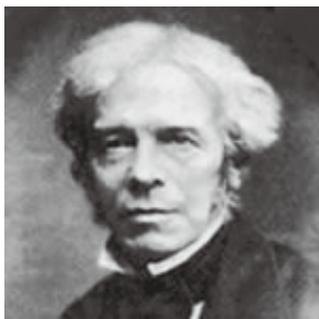
れ、この製本したノートを持ってデイヴィー教授に面談を申し込みました。幸い、デイヴィー教授の助手に欠員が生じたことから、1813年、正式に助手として採用されました。また、その年には、デイヴィー教授の供をして、1815年までの長いグランドツァーとしてヨーロッパに旅立ち、多くの科学者と交わり、知識を身につけていきました。労働者階級の生まれで十分な学問を身につけていなかったファラデーでしたが、デイヴィー教授に見出されて以来数多くの発明、発見をして一流の科学者となりました。1862年、王立研究所を辞めるまで、王立研究所の屋根裏に住まいを構えて、多くの榮譽を断り、生涯、一研究者を貫きました。王立研究所を辞めるに当たっては、ヴィクトリア女王よりハンプトンコートにある王室所有の住まいの提供を受け、1867年に亡くなるまで、そこで過ごしています。

歴史に「もし」ということはあり得ませんが、もしファラデーがノーベル賞のある時代に生きていたら、何回受賞していたのでしょうか。電磁誘導、電気分解、ベンゼンの発見、磁性、ファラデー効果など、自然

科学の基礎をなす数多くの重要なことからファラデーが見出しています。

今日、ファラデーは2つの単位に名前を残しています。その1つは、基本単位としてのファラデー定数(Faraday Constant (F));  $9.6485309 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 、もう1つは静電容量を示すファラッド(F)です。ファラデー定数は自然科学における普遍定数であり、ファラッドは物体に電気がどれだけ貯められるかを示す単位です。

最後に、ファラデーに関する資料は数多くありますが以下の本が参考になります。J・ハミルトン「電気事始め―マイケルファラデーの生涯」(訳) 佐治正一、教文館(2010年)。



ファラデー (ウィキペディア) より引用

重光 司

## 電子レンジ編 (補足)

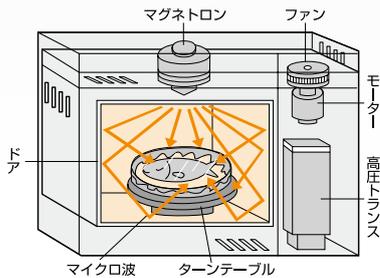
情報提供グループ 塚田 竜也  
 専門家ネットワーク 野田 臣光

「電磁波はどこから出ているの?」と題して第1回目に「電子レンジ」の解説をしましたが、わかりやすさを追求するあまり、技術内容に不十分な点がありましたので、第2回は「電子レンジ(補足)」として、技術の視点で解説したいと思っております。今回は、水が加熱する原理についてです。(少しむずかしい表現がありますがご容赦ください)

電子レンジは、『マグネトロン』(①図上部)と呼ばれる電子管から周波数2・45 GHz(24億5千万Hz)の電磁波(波長が短いのでマイクロ波ともいいます)を発生させます。

ほとんどの食品には、水分が含まれています。水の分子は、マイクロ波のエネルギーを非常に吸収し易い性質を持っています。これは、水の分子の構造に関係します。水の分子は、正の電荷と負の電荷の重心が一致しない状態です。この状態の分子は、極性分子といわれています。極性分子は、自然の状態では、その置かれた温度に応じて動いています(熱揺らぎといいますが、極性の方向は無秩序、バラバラです。従って、全体としては、無極性です。このとき、電磁波を当てることで分子の極性を一定の方向に揃えるこ

図① 電子レンジの概要図



とができます。揃えるときの動きは、電磁波の周波数に関係して違いが生じます。例えば、低い周波数が当たると、電磁波の波(正と負の変化)はゆっくりとした動きです(その動き(速さ)にあわせて分子は、極性を揃える動きができます。一方、高い周波数が当たると電磁波の波は急激な動きとなるため、分子はその波の動きの急激な動きにあわせられなくなります。その結果、分子の極性を揃える動きに少し遅れる傾向が現れます(これを「誘電緩和」と言います)。この遅れは電磁波の波の動きに対して抵抗力として効くこととなり、電磁波のエネルギーは、水に吸収されます。これを誘電損失と言います。水に吸収された電磁波のエネルギーは熱に変わりますので、水は加熱されることとなります。

水を電子レンジで解凍しようとする、水の加熱ほどうまくできません。これは、水の結晶である氷は、水のような分子の動きができませんので、マイクロ波領域での誘電損失が水に比べると非常に小さくなります。この結果、水のマイクロ波エネルギーを

吸収する効率は、水に比べて非常に悪いこととなります。

冷凍された食品は、食品に含まれている水分が氷になっています。この冷凍食品が解凍できるのは、冷凍食品が氷と氷以外の物質の複合体となり、氷より大きい誘電損失を持つ物質になっていることも理由です。冷凍食品を解凍する場合、すべての氷が同時に水になることはできません。この結果、氷と水が共存する状態になります。この状態では、マイクロ波エネルギーの大部分は水に吸収されるため、氷が沸騰しても氷は氷のまま残っている状況となります。やがて、温められた水の熱で冷凍食品は解凍されます。

次回は、主に電子レンジ内でのマイクロ波の性質について解説します。

○参考文献：マイクロ波化学プロセス技術(シーエムシー出版)

生活家電の基礎と製品技術 第3版 (NHK出版)

## 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いただ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、または電話/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 <http://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2カ月に1回（隔月）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フォーラム・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・修正させていただくことがあります。

※個人への誹謗・中傷にあ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

11月16日、ICNIRPのガイドラインが改定されました。1998年に公表された従来のガイドラインは300GHzまでを対象としていましたが、新ガイドラインでは1Hz～100kHzが今回の改定対象範囲となります。次回のニューズレターにて、新ガイドラインの詳細を特集する予定ですので楽しみに…  
情報提供グループ 足立 浩一

JEIC NEWS No.12 2010(平成22)年12月1日発行

編集 電磁界情報センター 情報提供グループ

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 <http://www.jeic-emf.jp/>