ISSN 2188-3068

JEIC NEWS

Japan EMF Information Center News

2019 年 12 月発行

No.
56

Index

P2～3
巻頭言
新任のご挨拶

P4～10
EMF トレンド情報 1
フランス国立食品環境労働衛生安全庁（ANSES）
低周波電磁界に関連する健康影響についての意見書

P11
EMF トレンド情報補足

P12～14
JEIC レポート①
UTIC（Utilities Threshold Initiative Consortium）会議に参加して

P15～17
JEIC レポート②
ヨーロッパにおけるプレコーション的アプローチについて
（第 10 回：フィンランド編）

P18～19
コラム
メルツェルと将棋差し

JEIC
電磁界情報センター

新任のご挨拶

情報調査グループ　堤　哲也

7月1日に情報調査グループに着任いたしました堤と申します。

当センターは、経済産業省「電力設備電磁界対策ワーキンググループ」の政策提言を受け、2008年に設立され、昨年で10周年を迎えました。当センターでは、電磁界に関する科学的な情報を分かりやすく提供するとともに、「リスクコミュニケーション」の実践を通じて、電磁界の健康影響に関する利害関係者のリスク認知のギャップを縮小することをセンターの理念と目的に掲げ、日々活動に取り組んでいます。

着任以降、主要な活動の一つである問い合わせ対応は非常に多く、電磁波に対して漠然とした不安をお持ちの方、原因不明の体調不良に困り果てて相談される方など様々な方から問い合わせを頂いています。インターネット等の普及により、知りたい情報を容易に検索でき、膨大な情報から正確な情報を見極めることが困難であるため、必要以上に電磁波の影響に対して不安を抱く方が多いように感じています。問い合わせを頂いた方には、科学的に正しい情報を分かりやすく、また偏りなく提供することは当然のことながら、相手の話もしっかりと聞き、共に考えることも双方向のコミュニケーションとして非常に重要な要素ですので、常にこれを意識して取り組んでいきたいと思います。

近年、磁界測定器は、市場に様々な機器が流通しており、一般の方から、「どの機器を購入したら良いか分からない。おすすめを教えてください。」といった問い合わせがあります。またスマートフォンやタブレット端末等に無料でダウンロード可能な磁界測定アプリケーションに関しても、測定精度に関する問い合わせ等もあり、リスクコミュニケーションの円滑化を目的に、「廉価な磁界測定器・磁界測定アプリ等の精度確認」を実施しています。公表の仕方については、専門家の意見等を踏まえながら、進めていきますが、測定器については、3軸式の磁界測定器であれば、当センターで無料貸出する低周波磁界測定器とほぼ同等な測定結果が得られています。一方アプリケーションは、電力設備や家電製品などの商用周波数帯(50Hz,60Hz)において、無料貸出の低周波磁界測定器と大きく乖離し、この周波数帯の磁界を正確に測定できないことが確認できたため、注意する必要があると思っています。

情報調査グループでは、国際的機関と連携し、電磁界に関わる最新論文を収集、翻訳するとともに、これらの学術論文を電磁界情報データベースに登録しています。また、国内外の関係機関の最新動向や最新情報を日々調査し、重要な情報については、ホームページに掲載しております。今後も、電磁界に関する情報を広く情報提供して参りたいと思いますので、電磁界情報センターの活動に対して、ご理解・ご支援の程、よろしくお願い申し上げます。

新任のご挨拶

管理・受託グループ　佐々木　大輝

7月1日に管理・受託グループに着任いたしました佐々木と申します。

現在、管理・受託グループでは、全国5都市（釧路市、鳥取市、大津市、水戸市、佐賀市）で開催する「経済産業省主催 電磁界の健康影響に関する講演会」に関わる業務を主に進めております。先日、初回の釧路の講演会を無事に終えることができ、安堵の胸をなでおろしております。講演会では、電磁界の健康影響に関心をお持ちの方を対象に、行政や電磁界の専門家による講演を通じて、電磁界の健康影響に関する知識と国内外の最新情報を正確かつ分かりやすく紹介いたします。また、講演内容は、商用周波(50Hz/60Hz)電磁界を主としておりますが、電磁調理器から発生する中間周波電磁界および携帯電話など高周波電磁界に関する基礎的事項も含み、それらに関する皆様からの質問についても回答させていただきます。今後は、令和2年1月10日に水戸市、令和2年1月21日に佐賀市で開催いたしますので、皆様のご参加をお待ちしております。

詳細につきましては、当センター HPに掲載しております。(URL：http://www.jeic-emf.jp/event/6791/)

さて、電磁界情報センターでは、電磁界の健康影響に関して不安を抱く方から日々、問い合わせをいただきます。その中で、近年人々を取り巻くメディア環境は大きく変化していると改めて考えさせられることが多々あります。電磁波の健康影響に関する情報を入手する際に、従来の新聞やテレビ等のメディアを通じた情報に加え、インターネットを利用して必要な情報を手に入れることが可能となりました。ソーシャルメディアをはじめとした誰でも自由に情報を発信できるようになった一方で、怪しげな商業目的の情報や根拠に乏しい悪意の感じられる情報等も混在しており、玉石混交とも言える情報の中から個人で情報を選択し、科学的知見に基づいた正しい情報であるかを見極めることが必要となってきていると考えております。しかし、電磁界は一般の方にとって余り馴染みが無く、存在を目で見ることができない物理的因子であり、その情報を理解するのは非常にハードルが高いように感じます。さらに社会心理学では、人は情報を収集する際に無意識のうちに自分の先入観や偏見に合致する情報ばかり集め、逆に反証情報に注目しない心理的な傾向を持ち、自分に都合の良い解釈や思い込みに陥ると言われています。一般の環境での電磁界ばく露でも必ず有害な影響があると確信しておられる方からの問い合わせの中には、科学的根拠に基づいた正しい情報を拒絶される方や、到底考えられない様な現象を電磁波が原因であると訴える方もいます。必要以上に不安を抱かれている方々に対しては、一方的な科学的根拠に基づく説明だけではなく、相手の主張や事情に耳を傾け、一度立ち止まり改めて電磁波について自ら考えていただく機会をつくるためのサポートが先ずは重要であると考え、真摯に対応していきたいと思います。また、当センターに寄せられる問い合わせ件数ならびにHPへのアクセス数が増加していることから、当センターの認知度が年々高まってきていると感じております。

電磁界に関する数ある情報の中で正しい情報を選択していただくため、さらなる認知度向上および利害関係者のリスク認知のギャップ縮小に努めてまいりたいと思いますので、今後とも電磁界情報センターの活動に対して、ご理解・ご支援の程、よろしくお願い申し上げます。

フランス国立食品環境労働衛生安全庁（ANSES）

低周波磁界に関連する健康影響についての意見書

電磁界情報センター　専門家ネットワークメンバー　宮城　浩明

フランス国立食品環境労働衛生安全庁（ANSES）は2019年6月、低周波磁界[1]へのばく露に関連した健康影響についての専門家による評価報告（意見書）を発表しました。この意見書でANSESは、入手可能なデータに照らして、低周波磁界へのばく露と小児白血病の長期的なリスクとの間に関連があるかも知れないという2010年の意見書の結論、ならびに超高圧送電線の近くに学校を新設しないという勧告を繰り返しています。またANSESは、高いレベルの磁界にばく露される可能性のある特定の職場の労働者、特に妊婦のばく露のより良い管理の必要性を強調しています。

背景

ANSESは、2010年7月にフランス食品衛生安全庁（AFSSA）とフランス環境労働衛生安全庁（AFSSET）が合併して発足しました。

AFSSETは合併前の2010年、「超低周波（ELF[2]）電磁界の健康影響についての国際的専門家の評価のまとめ」と題する意見書を発表しています。この意見書は、あるかも知れない長期的な健康影響、特にELF磁界ばく露と小児白血病との関連についての国際的な専門家による評価が強いレベルで一致していることを強調しました。

その後、フランスで実施された「小児がんの地理的位置情報に基づく症例対照研究（通称Geocap研究[3]）」で、同国における各種の環境ばく露が小児がんのリスクに及ぼす影響力が調査されました。この研究では、5歳未満の子どもで、高圧架空送電線（225-400 kV）から直線距離で50 m未満での居住と小児白血病の発症率との間に統計的に有意な関連（オッズ比2.6、95%信頼区間1.0-6.9）が認められました。

このことから、保健・労働・環境・農業の各担当大臣は2013年2月、ANSESに対し、低周波磁界へのヒト及び動物のばく露に関連した健康影響についての意見書の更新を要請しました。そして、ANSESは2015年8月に動物の健康に関する意見書を発表しました。今回（2019年）の意見書は、ヒトにおける低周波（0 Hz～数 kHzと定義）の磁界ばく露の健康影響を扱っています。

意見書の作成プロセス

ANSESは、「物理的作用因子、新技術及び発展分野についての専門家委員会（CES）」に対し、「低周波磁界についての専門家作業部会（WG）」を設置して意見書を作成するよう命令しました。ANSESはWGメンバーとして、電磁界ばく露測定、疫学、医学、生物学、生理学、規制の専門家を公募しました（応募者は利益相反についての宣言を提出）。

またANSESは、フランス国民（特に子ども）の低周波磁界への環境ばく露についてのデータの欠落を

1 筆者注記：この意見書のタイトルは「低周波電磁界（champs électromagnétiques basses fréquences）」ですが、実際に扱っているのは「低周波磁界」であることから、本稿ではこの意見書における「低周波電磁界」の記述を便宜上「低周波磁界」と訳しています。

2 筆者注記：周波数が300ヘルツ（Hz）までを指し、これには50 Hz及び60 Hzの電力周波数も含まれます。

3 筆者注記：Sermage-Faure C, Demoury C, Rudant J, Goujon-Bellec S, Guyot-Goubin A, Deschamps F, Hemon D, Clavel J (2013). Childhood leukaemia close to high-voltage power lines--the Geocap study, 2002-2007. Br J Cancer 14;108(9):1899-1906. DOI: 10.1038/bjc.2013.128.

補うため、国立衛生医学研究所（INSERM）との間で研究開発することに合意しました。その目的は、関連する（ばく露される）子どもの数を計算するため、高圧（63-90 kV）及び超高圧（225-400 kV）送電線の近くに住む人々の数と、これらの送電線の近くの小学校の数を推定することです。

ANSESは、低周波磁界の健康影響に関する証拠の確かさを評価するため、ANSES、諸外国の機関及び国際機関が2010年以前に実施した意見書の結果と結論、ならびに2010年1月～2015年12月に発表された科学文献の体系的分析を実施しました。

文献検索で抽出された論文数が膨大であったことから、WGは、小児白血病、その他のがん、神経変性疾患を優先することとしました。また、労働者に対する50 Hzでのばく露限度値（1,000 μT：マイクロテスラ、磁界の強さを表す単位）を考慮して、この値以下のばく露を扱った科学論文のみを評価対象とすることとしました。

それぞれの論文に対し、ばく露は工学専門家、健康影響は疫学者または生物学者が評価しました。個々の論文の主な知見、研究手法についての評価実施者のコメント、論文の著者らによる結論、研究の資金源等を一覧表に取りまとめ、研究の質を総合的に判定した上で、その論文を健康影響に関する証拠の確かさの評価に含めるかどうかを決定しました。

それぞれの健康影響について、ヒト及び動物で実施された入手可能な全ての研究を考慮し、低周波磁界へのばく露との関連についての証拠を特徴付けました。ヒトの健康影響に関連する動物の研究がない場合、WGは、間接的ではあるものの、これらの健康影響とのつながりが証明されている生物学的影響についての動物及び細胞研究に着目しました。例えば、低周波磁界の遺伝毒性等についての研究が、低周波磁界の発がん作用の分析に盛り込まれました。

評価対象の健康影響に関する証拠のレベルは、以下のカテゴリーに分類されます。

- ヒトに対する影響が証明されている
- ヒトに対しておそらく影響がある、または、影響があるかも知れない
- 入手可能なデータからは、ヒトに対して影響があるか否かを結論付けることができない
- ヒトに対しておそらく影響がない

CESの分析結果及び結論

[ばく露の特徴]

低周波磁界への一般公衆及び労働者のばく露の評価には、環境中のばく露発生源の同定、それぞれの発生源からの磁界へのばく露の定量化が含まれます。これには、厳密な方法論が必要とされます。この分野で実施された多くの研究に基づき、一般公衆及び労働者が経験する低周波磁界ばく露の詳細な全体像が得られつつあります。

屋外（都市部の公共エリア）で実施された研究では、低周波磁界の強度は一般的に0.05～0.2 μTの間で変動します[4]。高圧送電線の直下、変圧施設または変電所の近くでの測定では、これよりも高い値（数μT程度）が認められることもあります。住宅内では、最大で1,000 μT[5]の高い磁界が認められることがあります。これは家電製品から発せられるもので、中にはヘアドライヤーのような身体に接して使用されるものもあります。但し、これらの製品へのばく露は短時間で、また非常に局所的です。鉄道や路面電車等の公共交通機関（車内及びホーム）で測定されたばく露レベルは一般的に数μT程度です。自動車内では、動力源（内燃機関、モーター、ハイブリッド）に関わらず、一般的に2 μT以下です。

INSERMが実施した、高圧及び超高圧送電線の周囲でのばく露レベルについての研究結果から、フランスの首都圏の住宅内で0.4 μT及び0.1 μTを超える磁界にばく露される人口の比率は、ばく露シナリオによりますが、それぞれ0.28%及び0.74%であることが示されました。また、住宅内で0.4 μTを超える磁界にばく露される15歳未満の子どもは約0.35%（約4万人）で、これは地域によって大きく異なっていました。0.4 μT を超える磁界にばく露される小学校に通学する児童は約0.18%（約8千人）でした。

4 原文注記：規制におけるばく露限度値は周波数に依存し、実際のばく露レベルについて定義されています。「一般公衆の電磁界ばく露に関する1999年7月12日付の欧州連合理事会勧告（1999/519/EC）」では、最大ばく露として50 Hzで100 μTが勧告されています。「電磁界のリスクに対する労働者の防護についての2016年8月3日付の法令No.2016-1074」では、低アクションレベルとして1000 μTが規定されています。

5 筆者注記：原文表記のまま。我が国における測定調査ではこのようなレベルの磁界は認められていません。（例：経済産業省パンフレット「電磁界と健康」改訂第16版（平成30年度版）https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/detail/e_health/data/denjikai_1811.pdf のP.12の図）

労働者のばく露レベルは職種によってばらつきが大きく、特定の状況、例えば一部の産業用機械の近くでは規制限度値を超えることもあることが示されました。更に、数値計算の結果、妊婦が職場でばく露される場合、胎児の誘導電流密度が欧州連合理事会勧告における一般公衆のばく露限度値（50 Hzで100 μT）[6]を超えることがあることも示されました。

[健康影響に関する証拠のレベルの評価]

意見書では、評価対象の健康影響に関する証拠のレベルのまとめが表35（原文表記のまま）のように示されています。

CESは、低周波磁界ばく露の健康影響についての入手可能な全てのデータから、小児白血病については、影響があるかも知れないと結論付けました。但し、2010年以降の研究では関連が認められる頻度が低下していることも指摘しています。

筋萎縮性側索硬化症（ALS）については、4報のうち2報の研究で、電気に関連する特定の職業との関連が認められましたが、これらの研究にはばく露レベルの評価に関連した不確かさがあることから、結果の解釈は困難であるとされています。この関連は、磁界、電気刺激、または物理的因子と化学的因子との相互作用、等によって説明できること、また、2報のメタ分析では有意な関連が示されましたが、出版バイアスによってその信頼性が損なわれている、と指摘しています。このため、低周波磁界へのばく露によって生じるかも知れないALSへの影響については結論を導くことはできず、この疑問については更なる研究が必要である、としています。

成人の中枢神経系の腫瘍については、2報の研究で、低周波磁界への職業的ばく露には神経膠腫または髄膜腫の発症との関連があるかも知れないことが示唆されました。そのうち1報では髄膜腫のリスクに辛うじて有意な上昇傾向が認められましたが、もう1報では関連は認められませんでした。これまでに入手可能な研究の結果は一貫性がなく、低周波磁界へのばく露との関連が否かという結論を導くこと

表35　ヒトにおける低周波磁界ばく露に関連した健康影響に関する証拠のレベル

調査対象の影響		ヒト臨床研究及び疫学研究での影響の存在に関する証拠	動物モデルでの影響に関する証拠	影響の証明レベルのランク
子ども				
小児白血病		低周波磁界には小児白血病への影響があると結論付けるには証拠は限定的	入手可能な証拠は低周波磁界の影響があるか否かという結論を出せない	入手可能な全てのデータは低周波磁界には小児白血病への影響があるかも知れないという結論を許容する
中枢神経系腫瘍		入手可能な証拠は低周波磁界の影響があるか否かという結論を出せない	入手可能な証拠は低周波磁界の影響があるか否かという結論を出せない	入手可能なデータは低周波磁界には子どもの中枢神経系腫瘍への影響があるか否かという結論を出せない
成人				
乳がん		入手可能な証拠は低周波磁界の影響を示していない	入手可能な証拠は低周波磁界の影響があるか否かという結論を出せない	入手可能なデータは低周波磁界には乳がんへの影響があるか否かという結論を出せない
中枢神経系腫瘍	職業的ばく露	入手可能な証拠は低周波磁界の影響があるか否かという結論を出せない	入手可能な証拠は低周波磁界の影響があるか否かという結論を出せない	入手可能なデータは低周波磁界への居住環境または職業的ばく露には成人の中枢神経系腫瘍への影響があるか否かという結論を出せない
	居住環境ばく露	入手可能な証拠は低周波磁界の中枢神経系腫瘍への影響を示していない	入手可能な証拠は低周波磁界の影響があるか否かという結論を出せない	
悪性血液疾患		入手可能な証拠は低周波磁界の影響があるか否かという結論を出せない	入手可能な証拠は低周波磁界の影響があるか否かという結論を出せない	入手可能なデータは低周波磁界が悪性血液疾患に影響するか否かという結論を出せない
筋萎縮性側索硬化症（ALS）	職業的ばく露	入手可能な証拠は低周波磁界の影響があるか否かという結論を出せない	入手可能な証拠は低周波磁界の影響があるか否かという結論を出せない	入手可能なデータは低周波磁界への職業的ばく露がALSに影響するか否かという結論を出せない
	居住環境ばく露	入手可能な証拠は低周波磁界への居住環境ばく露の影響を示していない	入手可能な証拠は低周波磁界の影響があるか否かという結論を出せない	入手可能なデータは低周波磁界への居住環境ばく露がALSに影響するか否かという結論を出せない
アルツハイマー病		入手可能な証拠は低周波磁界の影響があるか否かという結論を出せない	入手可能な証拠は低周波磁界の影響があるか否かという結論を出せない	入手可能なデータは低周波磁界がアルツハイマー病に影響するか否かという結論を出せない
パーキンソン病		入手可能な証拠は低周波磁界のパーキンソン病への影響を示していない	質の高いデータがない	入手可能なデータは低周波磁界がパーキンソン病に影響するか否かという結論を出せない

6 原文注記：職場における妊婦のばく露条件は、「電磁界のリスクに対する労働者の防護についての2016年8月3日付の法令No.2016-1074」で規定されています。胎児の電磁界ばく露レベルは、1999年7月12日付の欧州連合理事会勧告1999/519/ECに基づき、一般公衆に関する2002年5月3日付の法令No.2002-775の条文を遵守しなければなりません。

はできず、この分野での更なる研究が必要である、としています。

アルツハイマー病（及び認知症全般）については、2報の研究と1報のメタ分析で、低周波磁界へのばく露と関連した認知症の過剰リスクが認められましたが、結果に一貫性がないことと、出版バイアスの可能性が高いことから、低周波磁界へのばく露との関連があるか否かという結論を導くことはできない、としています。

更に、子どもの中枢神経系の腫瘍、ならびに成人の乳がん、血液がん、その他のタイプのがん、及びパーキンソン病についても、低周波磁界へのばく露の影響があるか否かの結論を導くことはできない、としています。

ヒト及び動物における多くの実験研究で、低レベル（1 μT程度）の磁界へのばく露が脳の電気的活動に干渉するかも知れないことが示されています。ANSESが2013年に公表した「無線周波電磁界と健康」についての専門家評価でも、無線周波電磁界へのばく露後の脳の電気的活動の変化が認められています。これについては、結果の確認のため、更なる研究を実施することが望ましい、としています。

[低周波磁界ばく露についての勧告]

測定について

CESは、低周波磁界ばく露の測定においてはトレーサビリティ（追跡可能性）と信頼性が依然として重要であることから、磁界の検査・測定機関に対し、COFRAC（フランスの認証組織）が発行している認証を取得することを奨励する勧告（AFSSETが2010年に発出）を採用しています。

CESはまた、自治体から要請されたばく露レベルの測定は、当該分野における技術的専門性を（例えばCOFRACの認証によって）証明することができる機関が実施することが望ましい、としています。

一般公衆のばく露について

CESは、エネルギー生産の分散化に関連した新たなばく露発生源の増加に伴い発生源が個々人にますます近付いていること、集中的なばく露発生源となり得る新たなエネルギー消費技術（データセンター等）の大幅な増加、一部のばく露発生源（自動車、公共交通機関、変電所等）についてのデータが不足していること、特に都市環境では一般公衆に対するばく露発生源が多種多様であることを考慮して、以下のことを勧告しています。

- 特に公共の建物、住宅または職場に設置された変圧施設に関連した、低周波磁界へのばく露を特徴付けること。
- 都市環境で各種の発生源（架空及び地中送電線、公共交通機関、変電所等）から生じる低周波磁界への個々人のばく露を評価すること。
- 技術的に可能な場合、新技術の導入の前に、モデリング技術を用いて、将来のユーザーの低周波磁界ばく露を評価すること。
- 個々人が自身の電磁環境を特徴付けることを認証機関に要請するのを容易にすること。このため、フランス国家周波数庁（ANFR）が実施している国レベルの磁界測定プログラムを低周波領域に拡張すること。

妊婦のばく露について

CESは、フランスの労働法のR.4152-5-1条[7]、ならびに、一部のばく露シナリオでは、妊婦が欧州連合理事会勧告（1999/519/EC）の一般公衆に対するばく露限度（50Hzで100 μT）にばく露される場合、胎児の誘導電流密度が、同勧告のばく露限度値を超えるかも知れないことを考慮して、以下のことを勧告しています。

- 雇用者、安全担当者、産業医、労働衛生サービス機関に当該情報を提供すること。
- 雇用者及び産業医は、当該規制条項の対象となる女性に対し、妊娠した場合には胎児の低周波磁界ばく露を制限するために労働環境を調整できることを知らせること。

規制上のばく露限度値について

CESは、動物実験及び細胞実験で、1 mT程度の超低周波磁界ばく露に関連した生物学的影響（酸化ストレス、遺伝毒性ストレス、細胞生理学への影響）があるかも知れないことが示されていること、一部の労働者はこのレベルの磁界にばく露されること、低周波磁界への職業的ばく露と特定の病気（ALS、中枢神経系の腫瘍）との関連が一部の疫学研究の知見で示されていること、胎児のばく露についてのド

7 原文注記：R.4152-5-1条「妊婦が職場で電磁界にばく露される場合、既存の優良規範に対する勧告を考慮して、合理的に予測できる限り低いレベルに、また、いかなる場合にも一般公衆に対して適用可能な電磁界ばく露限度以下に、ばく露を維持しなければならない。」

シメトリ研究の結果を考慮して、ばく露限度値の次の評価では、疫学研究ならびに生物学的影響についての動物研究及び細胞研究を含む、入手可能な全ての科学的データ、特に最新のデータを考慮することが望ましい、と勧告しています。

都市計画について

CESは、高圧線の近くで小児白血病が増加しているかも知れないこと、低周波磁界ばく露と小児白血病の発症との直接的な因果関係が証明されていないことを考慮して、送電線の近くでの都市計画に関する2013年4月15日付の命令[8]の重要性を強調しています。この命令は、「1 μTよりも大きい磁界にばく露される、高圧及び超高圧送電線、地中ケーブル、変電所または母線の近くのエリアでの、新たな敏感な施設（病院、産婦人科、保育園・幼稚園・小学校等の子ども向けの施設等）の建設の決定または承認を可能な限り避けること」を勧告しています。

[低周波磁界ばく露と生物学的影響及び健康影響についての研究に関する勧告]

ばく露について

CESは、妊婦及び胎児のばく露についてのシミュレーション研究の結果を考慮して、妊娠中のばく露のモデル化のための研究の継続を勧告しています。

また、毒性研究は短期ばく露について実施されている一方、一般公衆または労働者の低周波磁界ばく露はたいてい長期間にわたることを考慮して、生涯の毒性研究を実施するため、累積ばく露の指標を開発することを勧告しています。

生物学的影響及び健康影響について

CESは、一般的な観点から、低周波磁界ばく露と病気の発症との関連についての疫学研究を実施するため、ばく露／非ばく露の労働者のコホートの創出、または既存のコホートの維持を勧告しています。

また、高いレベルの低周波磁界ばく露を経験する一般公衆の被験者の数が少なく、結果的に高圧送電線についての疫学研究の統計的検出力が低いことと、低周波磁界ばく露と病気の発症との関連が仮にあったとしても、その関連は弱いことを考慮して、最も高いレベルの低周波磁界にばく露されている、または潜在的にばく露される人口集団、例えば特定の職業カテゴリーの人々、または変圧施設の近くに住む人々（Transexpo[9]マルチセンター研究を参照）を調べることを勧告しています。特に、変圧施設の近くに住む、またはそこで働く、一日中ばく露される人々（子どもまたは労働者）を強調することが望ましい、としています。

CESは、環境ばく露に関連した健康影響についての研究を可能にするため、病気の登録の際に患者の正確な住所を把握することの重要性を強調しています。また、これらのデータを研究に容易に利用できるようにすることも勧告しています。

小児白血病について

CESは、低周波磁界ばく露と小児白血病の発症との関連が、送電線からの距離に基づいてばく露を推定した疫学研究で示されている一方、モデル化または磁界測定を用いてばく露を推定した疫学研究では示されておらず、これらの研究は統計的検出力が限定的であること、疫学研究で示された関連を説明し得る生物学的メカニズムは同定されていないことを考慮して、以下のことを勧告しています。

- 特に磁界の直接測定に基づく研究のプール分析を優先すること。
- 低周波磁界ばく露の影響についての疫学研究では、（例えば、自動車排ガスに由来する大気汚染との）共ばく露の可能性を考慮することを奨励すること。

CESはまた、低周波磁界ばく露と小児白血病のリスク上昇との関連には依然として科学的な不確かさがあることを考慮して、以下のことを勧告しています。

- 主に、低周波磁界についての研究に利用できる小児白血病のげっ歯類モデルを開発することで、急性リンパ芽球性白血病を研究するための動物モデル[10]の利用を奨励すること。
- 低周波磁界と小児白血病の発症との関連を、実験を通じて理解するため、毒性（遺伝毒性または共

8 原文注記：http://circulaires.legifrance.gouv.fr/pdf/2013/04/cir_36823.pdf

9 原文注記：Transexpo は、居住環境での低周波電磁界ばく露と小児白血病の発症との関連を評価するために設立された国際的な疫学研究です。この調査では、中圧／低圧の変圧施設がある建物（集合住宅）に住む子どものサンプルを調べます。この研究の主な目的は、同じ建物に住む病気のまたは健康な被験者を選択し、個別に研究への参加を求めることなく、その建物内での彼らの住居の位置に基づいてばく露を評価することです。これにより、この研究では対照群の選択バイアスまたは参加バイアスが避けられます。

10 原文注記：1つまたはそれ以上の遺伝子の構造の改変は、特定の病気の発症に対する素因を生じることがあります。この理由から、一部の動物を遺伝的に改変し、特定の病気に対する素因が与えられています。この方法では、その動物をその病気の誘発における環境因子の影響力の分析に用いることができます。

発がん作用因子等）が証明されている他の要因の役割を研究すること。

髄膜腫について

CESは、低周波磁界ばく露と髄膜腫の発症との関連についての結果に一貫性がないことを考慮して、特に労働者における疫学研究の継続を勧告しています。

目の黒色腫について

CESは、低周波磁界への職業的ばく露と目の黒色腫との関連は僅か1報の大規模研究でしか示されていないこと、この研究では特定の交絡因子が考慮されておらず、データ取得方法が不正確であったこと、この病気は稀であること（フランスでは年間500例）を考慮して、この結果を確認または否定するため、国際的な研究またはプール研究の実施を勧告しています。

筋萎縮性側索硬化症（ALS）について

CESは、労働者のALSと低周波磁界ばく露との関連は少数の疫学研究で同定されていること、慢性ばく露のデータが欠落していること、一部の労働者に生じ得る1 mT程度のばく露レベルで幾つかの生物学的影響（酸化ストレス）が同定されていること、これらの生物学的影響は主に酸化ストレスに関連しており、既存のALSげっ歯類モデルは酸化平衡のための酵素（スーパーオキシドジスムターゼの突然変異）が関係していることを考慮して、以下のことを勧告しています。

- 主にALSに特化したげっ歯類モデルを用いて、ALS研究の継続を優先すること。
- 職歴に重きを置いた人口集団登録を通じて研究を推奨するため、ALSの症例の体系的で継続的な登録を追求すること。
- 職場での疫学研究を継続すること。
- 低周波磁界ばく露または電気刺激から生じる労働者のリスクの相対比率を評価すること。

アルツハイマー病について

CESは、アルツハイマー病の発症に関する結果には一貫性がないこと、低周波磁界への職業的ばく露と認知症の発症との関連が2報の研究で認められていること、この関連は電気刺激に遭った労働者でより有意であったこと、低周波磁界にばく露した動物では特定の認知症が強調されていることを考慮して、以下のことを勧告しています。

- アルツハイマー病以外のタイプの認知症（前頭側頭型認知症、レビー小体型認知症、血管性認知症、等）を研究すること。
- 低周波磁界ばく露または電気刺激から生じる労働者のリスクの相対比率を評価すること。

脳機能に関する研究について

CESは、低周波磁界ばく露後の動物における記憶能力ならびに不安及び感情レベルの変化、低周波磁界ばく露後の脳の可塑性及び神経発生の変化、ヒトまたは動物での超低周波磁界に対する事象関連電位（非常に低い強度の脳電図信号）のかく乱が、多くの研究で示されていることを考慮して、以下のことを勧告しています。

- これらの結果を確認または否定するため、この分野での研究を継続すること。
- 潜在的に関連する生物学的メカニズムを更に見出すこと。
- これらの影響から子ども及び成人に対して生じるかも知れない病理学的結果を評価すること。

ANSESの結論及び勧告

ANSESは、CESの意見書の全ての結論及び勧告を是認しています。また、都市計画及びばく露限度についての規制の採用、職場でのばく露の管理、ならびに低周波磁界ばく露と幾つかの病気との関連についての知識の改善に関するCESの勧告について、以下のように説明及び補足しています。

ばく露限度についての法律の強化及び採用

1999年7月12日付の欧州連合理事会勧告（1999/519/EC）で推奨されている一般公衆についての磁界ばく露限度には、定義上は拘束力がありません。送配電において満たすべき技術的条件を規定した2001年5月17日付の省令では、高圧電力線の近傍でのばく露限度しか明記されていません。このことは、送配電線の近傍のエリアを除いて、低周波磁界への人口集団のばく露レベルはフランスの規制の対象に含まれていないことを意味します。

このためANSESは、送電線についての現行の規制の枠組みを、一般公衆がばく露される全ての状況に広げることを勧告しています。

都市計画規制の強化

ANSESは2010年の意見書で、小児白血病の発症と、24時間の平均レベルが0.2 μTまたは0.4 μT

を越える居住環境での低周波磁界ばく露との統計的関連性を示した疫学研究の結果に一貫性があることを見出しました。今回（2019年）の意見書でも、この結論は同じです。

送電線の近傍での都市計画についての2013年4月15日付の命令では、施設管理者及び都市計画当局に対し、1 μTを超える磁界にばく露されるエリアに敏感な施設を新設しないよう助言しています。

INSERMが実施した研究では、高圧または超高圧送電線の近くの住宅内または学校で、このレベルの磁界にばく露される人口、特に子どもの比率が定量化されました。その結果、0.2 μT（または0.4 μT）を超える磁界に住宅内でばく露される15歳未満の子どもの比率は約0.56%（または約0.35%）、0.2 μT（または0.4 μT）を超える磁界にばく露される小学校に通学する児童は約0.29%（または約0.18%）であることが示されました。

この結果を受けてANSESは、送電線の近くでばく露される影響を受けやすい人々を増やさないようにし、またばく露を制限するための、プレコーショナリ（念のための）アプローチの採用についての2010年の勧告を再確認しました。この目的のため、ANSESは2013年4月15日付の命令を規制に盛り込むことを勧告しています。

職業的ばく露の管理

フランス国立安全研究所（INRS）及び年金労働衛生保険基金（CARSAT）による研究では、一部の労働者は、「物理的因子（電磁界）から生じるリスクへの労働者のばく露に関する最小限の健康及び安全要件についての欧州議会及び欧州連合理事会指令（2013/35/EU）」を国内法化した、2016年8月3日付の法令No.2016-1074によって規定されたばく露限度値を超える可能性がある、非常に高いレベルにばく露される可能性があることが示されました。このためANSESは、以下のことの重要性を強調しています。

- 2016年8月3日付の法令No.2016-1074で確立された、職業的ばく露に関するこれらの規制条項を施行すること。磁界に関連するリスクの評価のため、職業的ばく露の特徴付けに利用可能なツールが幾つかある。その一つはOSERAY[11]である。
- 雇用者、安全担当者、産業医、労働衛生サービス機関は、当該規制条項の対象となる女性に対し、妊娠した場合には胎児の低周波磁界ばく露を制限するために労働条件を調整できることを知らせるための対策を講じること。

この意見書の結果は、生物学的影響（酸化ストレス、遺伝毒性ストレス、細胞生理学への影響）が、2016年8月3日付の法令No.2016-1074で規定されたアクションレベル前後のばく露レベルで生じ得ることを示しています。更に、一部の疫学研究では、低周波磁界への職業的ばく露とある種の健康影響（神経変性疾患及び中枢神経系腫瘍）の発症との関連が強調されています。このためANSESは、ばく露限度を支える科学的知識の妥当性を評価することを勧告しています。

低周波磁界ばく露に関連した病気のリスクの可能性についての研究の継続

ANSESは、磁界ばく露と小児白血病との関連については依然として不確かさがあることから、以下についての研究の継続を勧告しています。

- 最もリスクにさらされる人口集団についての研究。例えば、変圧施設の近くの住居についてのTransexpo研究の実施に対する助成を支持すること。
- 疫学研究におけるばく露評価を改善すること。例えば、測定とモデリングを組み合わせること。

職場では、低周波磁界ばく露と脳腫瘍または神経変性疾患（アルツハイマー病、ALS、等）の発症との関連を示唆する最近のデータについての不確かさを考慮して、因果関係を確立することはできません。このためANSESは、これらの健康影響についての職業的疫学研究の実施を奨励することを勧告しています。

参考文献

1)Opinion of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety on the "Health effects associated with exposure to low-frequency electro magnetic fields". https://www.anses.fr/en/system/files/AP2013SA0038EN.pdf (accessed 2019.11.29)

2)Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES). Effets sanitaires liés à l'exposition aux champs électromagnétiques basses fréquences. Avis de l'Anses Rapport d'expertise collective. https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2013SA0038Ra.pdf (accessed 2019.11.29)

11 原文注記：OSERAY は、電磁界から生じるリスクを雇用者が評価するのを支援するためにデザインされたアプリケーション。http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil61

EMFトレンド情報 補足

JEIC NEWS No.55「国際がん研究機関(IARC)のモノグラフ前文の改定について」において、「今回のモノグラフ前文の改定に伴い、『グループ4：ヒトに対して恐らく発がん性はない(probably not carcinogenic to humans)』は廃止されました。廃止の理由については改定版の原文を含め、IARCからは公式の発表は一切ありません。」と紹介しました。

これに関連して、IARCは2019年9月11日付で、前文改定を勧告した諮問グループによる約400ページの報告書を発表しました。また同日、諮問グループによるこの報告書の解説論文が、査読誌Journal of the National Cancer Instituteに掲載されました。諮問グループはこの論文で、グループ4の廃止について以下のように説明しています。

「諮問グループは、グループ4分類に関して一般公衆に誤解があることに留意しました。IARCモノグラフの適用範囲は、ヒトにおけるがんのリスクを高める可能性のある作用因子を同定することであり、モノグラフ・プログラムでは、ヒトがそれにばく露されるという証拠があり、それによる発がん性の何らかの証拠または疑いがある場合にのみ、その作用因子を(レビュー対象に)選択しています。発がん性を疑う証拠がない新たな作用因子をレビューすることは、モノグラフ・プログラムの適用範囲外であり、また実際に、レビュー対象の作用因子についてはほぼ大抵、潜在的な発がんハザードを示す何らかのデータがあります。この理由により、諮問グループはグループ3(ヒトに対する発がん性を分類できない)とグループ4を統合することを勧告しました。また、諮問グループは今後の(作用因子の発がん性分類を評価する)作業グループに対し、一連の証拠によって是認される場合に『ヒトに対しておそらく発がん性はない』という文言を追加するよう奨励しました。作業グループは、複数の良好にデザインされた疫学研究で、レビュー対象の作用因子とヒトにおけるがんとの間に正の関連が認められない場合、その文言を述べても良いでしょう。但し、疫学研究に基づいて、ヒトに対する潜在的な発がんハザードがないという決定的な評価を下すには、入手可能な一連の研究で、全ての影響を受けやすい人口集団、ばく露状況、がんの結果、関連する変数が適切に捕捉されているという保証が必要であり、実際にはそのような保証を得ることはほとんど不可能です。」

諮問グループによる報告書、ならびに解説論文の原文は、IARCの以下のウェブサイトから入手できます。

“The IARC Monographs: Updated procedures for modern and transparent evidence synthesis in cancer hazard identification”

https://www.iarc.fr/news-events/the-iarc-monographs-updated-procedures-for-modern-and-transparent-evidence-synthesis-in-cancer-hazard-identification/ (accessed 2019.11.29)

UTIC（Utilities Threshold Initiative Consortium）会議に参加して

林　清孝

会議の開催について

6月21日、22日に、フランス南部の地中海沿いの都市モンペリエ（Montpellier）にてUTIC（Utilities Threshold Initiative Consortium）会合が開催されました。

今回モンペリエで開催された理由は、6月23～28日に同じくフランスのモンペリエにて、BioEM 2019が開催されたからです。BioEMは電磁気学会BEMS（Bio Electro Magnetics Society）と欧州電磁気協会EBEA（European Bio Electromagnetics Association）の共同会議体であり健康影響、医学応用などを含め、医学、工学、理学を始めとし、電磁界のリスクを社会科学的な面からも取り上げ、電磁界研究に関連する分野をほぼ網羅しています。学会は、世界中の電磁界研究に携わっている研究者が一同に集まる場です。そこでUTICも同時期にモンペリエにて開催されたわけです。

モンペリエ

モンペリエは、フランス南部の地中海沿い（図1参照）にあり、フランス7番目の大都市で、過去25年間において、フランスで最も成長が著しい都市です。また、モンペリエ大学の所在地は、6人に1人の住民が学生である大学の街です。モンペリエ市は、44万人の住民を擁し、他のヨーロッパの大都市とは一線を画しています。2つのオペラハウス、フランスでも有数のアリーナ、国際的なダンスコンプレックス、そしてファーブル美術館をはじめ多数の美術館や博物館など、文化の中心地です。

モンペリエ中心部は、地中海からわずか11kmの距離です。市内にはレストランやバーなどが多くあります。

図1　フランスでのモンペリエの位置

UTICについて

UTICは、電力会社と電力会社を共通の科学プロジェクトに結び付けるコンソーシアムです。50および60 Hzの磁界ばく露に関して、UTICのメンバーは、生理学的反応の閾値、特に磁気閃光の知覚/発生/観察の閾値を定義する目的で、独自の高水準の科学研究の推進に貢献しています。磁気閃光の閾値は、ヒトにおける50および60 ヘルツ（Hz）の磁界のばく露に対して再現性のある生物学的なデータは得られていません。UTICは、労働者と公衆の保護に適応したばく露ガイドライン策定のためのより強固な科学的な根拠を提供することを目的としています。

UTICのメンバー

UTICのメンバーは、公益事業者や研究者で構成されています。代表は、Michel　Planteで氏でカナダのHydro-Quebecという電力会社のコンサルタントをしています。フランス、アメリカ、イギリスなどの主要国の電力会社や研究所が協力して進めています。研究プロジェクトの責任者はAlexandre Legros氏で、カナダのLawson Health Research Instituteで研究を進めています。

UTICの研究内容について

UTICが支援する研究プログラムは、電力周波数（ヨーロッパでは50Hz、北米では60Hz、日本では50Hzと60Hzが混在）の磁場に対するヒトの神経生理学的反応を調査しています。この科学的プログラムは、カナダのオンタリオ州ロンドンにあるLawson Health Research Instituteで2005年以降に行われました。

フェーズ1（2005-2008）では、1.8 mT（ミリテスラ：磁界の強さを表す単位で1mTは1,000マイクロテスラに相当する）の磁界ばく露がヒトの心血管系および特定の運動による体への影響を研究しました。

フェーズ2（2008-2011）では、3 mTの磁場にさらされたヒトボランティアの認知能力が調査されました。本研究では、機能的磁気脳画像法（fMRI）を用いて測定されたヒトの脳活動に対する磁界ばく露の影響も調べられました。

フェーズ3（2011年-2015年）では、電力周波数で最大50 mTの磁界ばく露に対する体系的な急性ヒト反応の閾値が、ボランティアを含む大規模な実験的研究を行いました。また、磁気閃光知覚や脳波反応（EEG）などの敏感な神経生理学的マーカーに焦点を当てて実施されました。

フェーズ4（2015-2019）では、0から300 Hzの間で100 mTまでのばく露レベルで、磁気閃光の閾値に関する周波数応答が調査されています。ヒトが暗闇に適応するにつれて、この知覚閾値が増加することを明らかにしました。また、磁界ばく露に対するヒト前庭系の急性反応として立位バランスの調節や主観的視覚垂直についても研究しています。

今回の会議では、2020年から始めるフェーズ5で行う研究についても議論しました。

モンペリエ大学

UTICの会合に合わせてモンペリエ大学の見学を行いましたので、その内容を紹介をします。モンペリエ大学にはヨーロッパ最古の医学部があります。研究責任者のAlexさんはこちらの医学部を卒業されたそうです。UTICの研究プロジェクトは現在は主にカナダで行われていますが、今後はこのモンペリエ大学でも実施するそうです。今回は関連する施設としてEuromovというEUの研究プロジェクトの施設を見学しました。こちらでは、ヒトの動き（movement）に注目した多くの研究を実施しています。モーションシミュレータなどがあり、実際に動くかごの中に人が入る、めずらしい機械（図2参照）を見学することができました。また、モーションキャプチャ（現実の人物の動きをデジタル的に記録する）装置もあり、記録された情報は、身体の動きのデータの収集などに活用されています。ちなみに有名な予言者であるノストラダムスはモンペリエ大学医学部の出身だそうです。

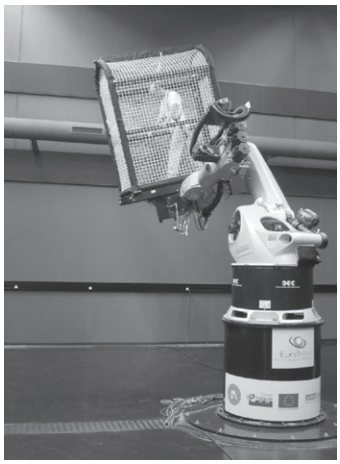


図２　ユニークな多感覚モーションシミュレータ　Euromov

モンペリエ大聖堂と解剖学博物館

UTICの会合に合わせてモンペリエ大聖堂とモンペリエ大学医学部付属の解剖学博物館の見学も行いましたので、その内容を紹介します。モンペリエ大聖堂と解剖学博物館は同じ場所にあります。場所はモンペリエの中心であるコメディ広場から北西へ約1kmの

図3　モンペリエ大聖堂

ところにあります。モンペリエ大聖堂は中世の教会です。宗教戦争でほとんどの教会の塔が壊されたようですが、モンペリエで唯一残った中世の教会の塔だとのことです(図３参照)。聖堂内には聖書の一場面を描いた作品や 18 世紀のオルガンがあり、大変美しい教会でした。

図4　モンペリエ大学医学部入口

モンペリエ大学の医学部は、教会の修道院の部分を譲り受けたため教会に併設されているように見えるとのことでした。医学部の入口には、17～18世紀頃に活躍された2人の先生の像(図4参照)があります。

医学部では、ガイドの方に、詳しく案内していただきました。歴代の先生の肖像画が掛けられた部屋(図5参照)があり、現在も会議室として使われています。まるでハリーポッターの世界を見ているような感じでした。

図5　歴代の先生の絵が掛けられた部屋

医学部内の解剖学博物館はフランスに3つしかない解剖学専門の博物館だそうです。博物館内では、撮影が禁止されていたため、写真をお見せすることができませんが、多くの人間や動物の標本があり、学生がスケッチなどをして勉強していた状況が想像されます。人間の一部分をとっても様々な形状の物が展示されてあり、病気の症状を再現したものもありました。また、医療器具などもあり、実際にこれらのものを使って勉強していたと思います。博物館の外には、図6のように人間だけでなく、動物の標本も多く展示されていました。また、図7のように脳の電気信号の伝達を模擬したものもありました。

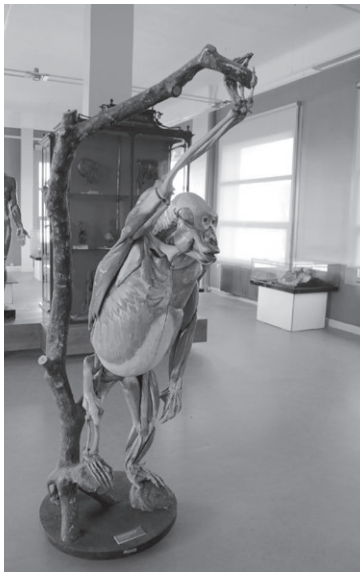


図6　動物の標本

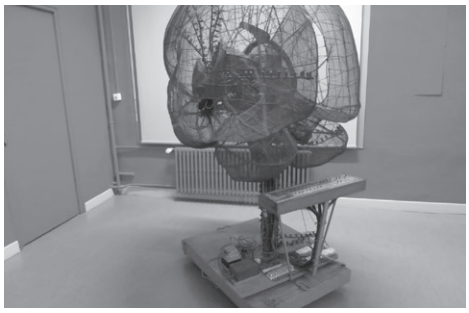


図7　脳の電気模型

最後に

今回のUTICの会議に参加して最新の研究内容や実際の実験設備を見学することができ大変有意義でした。また、今回の会議にあたり同行していただいた、電力中央研究所の中園聡様には、大変お世話になりました。ここに厚く御礼申しあげます。

ヨーロッパにおける プレコーション的アプローチについて （第10回：フィンランド編）

情報調査グループ　　堤　哲也　（訪問者：古市　隆作）

欧米では、低レベル磁界の長期間ばく露による健康影響の可能性への対応として「プレコーション的アプローチ（Precautionary approach：念のためのアプローチ）」の考え方を取り入れて、欧州連合（EU）が勧告している国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）が定めたガイドライン値よりも低いレベルのばく露制限を設けている国や地域があります。しかし、プレコーション的アプローチについては明確な定義がなく、人や国により概念が異なります。（詳細は2012年6月発行JEIC NEWS No.21をご覧下さい）

電磁界情報センターでは、2013年3月以降、欧州各国を訪れ、電磁界に関する規制の状況や、プレコーション的アプローチの実情について、電力設備の電磁界政策を担当する行政と送電設備を保有する事業者（送電事業者）に対してインタビューを行い調査しています。今号ではフィンランドにおけるインタビュー調査についてその概要を紹介します。

フィンランドについて

フィンランドのことは、日本でも愛されているムーミンやサンタクロースの故郷として、よくご存じの方も多いと思いますが、正式名称をフィンランド共和国と称し、北欧諸国の一つで、“森と湖の国”とも呼ばれています。国土面積は約34万km²、人口は約551万人（2018年末）と、面積は日本（約38万km²）よりやや小さく、人口は日本の4.4%程度で

す。主要産業は、豊富な森林資源を活かした紙・パルプ等、金属、機械、電気・電子機器、情報通信等で、ノキア（NOKIA）やLinuxが有名です。名目GDP（2018年）は、世界第44位、EU加盟国では第13位となっています。

電力供給体制について

フィンランドの国内発電電力量（2016年）は約690億kWhで、内訳は、原子力34%、火力20%、水力23%、再生可能エネルギー他22%となっています。フィンランドでは、1995年に電力市場法が施行、1997年1月から全面自由化され、他の北欧

諸国（ノルウェー、スウェーデン、デンマーク）とともに自由化された国際卸電力市場であるノルドプールに加入し、電力の輸出入を実施しています。

発電部門は、120社程度あり、国が株式の50.8%を保有するFortum(Fortum Corporation)、PVO(Pohjolan Voima Oy)、TVO(Teollisuuden Voima Oy)、Helsingin Energia、Kamijokiの5社で発電市場の大部分を占めています。

送電部門は、1996年に国内の送電部門を一元的に所有・運転するFingrid社が設立され、フィンランド政府および国家緊急供給庁(National Emergency Supply Agency)が株式の71%程度を保有し、また政府はFingrid社に対し、2015年1月に電力市場法に基づくネットワークライセンスを与え、送電系統運用に責務を持つTSO（Transmission System Operator）に指名しています。

配電部門においては、小売事業や発電事業など複数の分野に及んで活動する企業が多く、配電系統運用者（DSO：Distribution System Operator）は、会計分離、法的分離、機能分離することが義務づけられており、フィンランド国内には90社程度（うち50社程度が法的分離を実施）が存在しています。

小売事業者は、70社程度あり、うち50社程度は全国大で事業を展開しており、小売市場の約35%～40%は、大手3社で占められ、最大手は、Fortum Sahkonsiirto Oy(Fortumグループ)、次がVattenfall Verkko Oy(スウェーデン国有企業)となっています。

訪問先

今回は、フィンランド放射線原子力安全局（Radiation and Nuclear Safety Authority：STUK）および、先述した送電系統運用者であるFingrid社を訪問し、インタビューを行いました。

STUKは、社会福祉保健省の管轄下にある専門家集団の組織です。医療、産業、研究、教育などに関連する全てにおいて、放射線による有害な影響を防護するために監視・監督を行っており、電磁界も非電離放射線を専門とした部門の中で取り扱われています。電磁界の健康影響に関する問い合わせ件数は、年間350～400件とのことです。

Fingrid社は、110kV以上の基幹系送電線14,300kmを運用しており、周囲の国とは7箇所で連系しています。

左から、JEICの古市、STUKのサミ カンナラ氏

左から、Fingridのミカ ペンティラ氏、JEICの古市、Fingridのユハニ トンテリ氏

フィンランドにおける電磁界規制の概要

フィンランドにおける超低周波電磁界に対する規制は、1999年のEU理事会勧告1999/519/ECを受け、2002年5月に勧告値として制定〔磁束密度（連続ばく露）：100μT（マイクロテスラ）、磁束密度（短時間ばく露）：500μT、電界強度（連続ばく露）：5kV/m、電界強度（短時間ばく露）：15kV/m〕され

ていましたが、電離放射線に関連する法改正にあわせて、2018年11月に、磁束密度200μT、電界強度5kV/m (ICNIRPガイドライン相当)の規制値に変更となりました。なお、この規制には適用除外条件があり、送電線から発生する電界強度には適用していません。背景には、送電線の最低地上高が、技術的な基準に従って電圧階級毎に定められており、その基準を満足していれば、電界強度は、規制値5kV/mを下回っているからだそうです。

またSTUKとしては、従来の勧告値から規制値になったことで、リスクコミュニケーションの時に、明確な数値を示しながら説明することができるようになったとのことです。

Fingrid社は、法改正が鉄塔の設計方針や送電線の最低地上高に影響を及ぼすものではなく、建設費用やメンテナンス費用に変動はないし、送電線から発生する電磁界の健康影響に関する問い合わせ件数に変動も無いとのことです。

プレコーション的アプローチ

“磁束密度が約0.4μTを継続的に超過する区域には、住宅、幼稚園、学校などの子供の永住施設の建設を避けることを勧告します”というプレコーション的アプローチについては、2002年から継続されており、住宅などの建設許可を出す地方自治体の建設課や建設業者からのSTUKへの問合せが増加している状況でした。ただし、この勧告は、STUKの推奨値であり、法的な強制力はありません。Fingrid社では、人々が不必要な心配をしないためにも、新設送電線ルートの検討の際は、子供の永住施設と可能な限り、距離を保つようにしているとのことです。

職業者ばく露に関する規制動向

EU加盟の各国においては、2016年7月1日までに、EU指令「物理的作用因子(電磁界)に起因する労働者のばく露についての健康および安全の最低要求事項に関する指令(Directive2013/35/EU)」を遵守するための法律の発行が求められていました。本指令の詳細な概要はJEIC NEWS No.30でご確認下さい。

フィンランド国内法の規制内容は、原則EU指令の内容を踏襲し、規制値についてはEU指令に従い、例えば、網膜閃光や脳活動への微小な変化などを受けるかもしれないばく露限度値から導出されている低ALs(アクションレベル)についても、EU指令と同様、1,000μTとなっているとのことです。STUKとしては、規制値を超過する箇所は聞いたことがなく、労働者の安全管理を行う国内6箇所の組織で、事業者の遵守状況をチェックしているとのことです。Fingrid社としても規制値を超過する箇所はないとの認識であり、事前に職業者への教育、注意箇所への危険標識を設置し、国内法施行前と比較して、建設や補修の作業工法等の変更もないとのことです。

スマートメーターに関する動向

スマートメーターから発生する電磁波に特化した規制やガイドライン等はなく、国内の電磁波の規制を遵守している状況でした。現在、STUKでは、スマートメーターからの電磁波による健康影響に対する関心の高まりはないものの、スマートメーターから発生する電磁波レベルについては、“携帯電話からテキストメッセージを送信するぐらいの大きさである”と説明し、発生源から距離をとると電磁波は小さくなり、健康影響は心配ないことを強調しているとのことです。

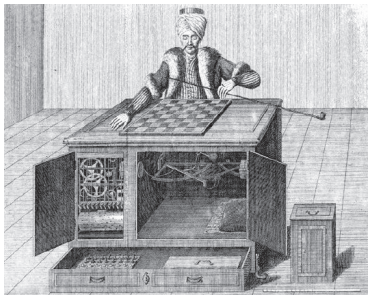
コラム

メルツェルと将棋差し

将棋界直近の話題は、彗星の如く現れた藤井聡太棋士（七段）です。2016年のプロデビュー戦で同棋士は、年齢差が62歳6ヶ月あった対戦相手の加藤一二三棋士（九段）に勝利し、加藤棋士が持っていた公式戦の最年少勝利記録を更新した。この時、藤井棋士は若干14歳5ヶ月であった。このデビュー戦から29連勝しその様子がメディアで取り上げられ、藤井棋士は瞬く間に段位を上げていった。一方、2017年に引退した加藤棋士は、今では「ひふみん」の愛称でメディアに取り上げられ、老若男女、幅広い層から愛されている。

今回は西洋将棋（チェス）に関する話題をひとつ。『モルグ街の殺人』、『黄金虫』などの推理小説で有名なエドガー・アラン・ポオ（Edgar Allan Poe:1809-1849）が1836年に書いたエッセーに『メルツェルの将棋差し』がある。ドイツ、バイエルンのメルツェル（Johann Peopomuk Mälzel: 1772-1838）がアメリカ、リッチモンドで興行、展示していた「将棋を差す機械人形」を見たポオが、推理小説的な手法でその謎を解いたものである。将棋差し人形は思考する機械人形ではなくトルコ風人形の中にヒトが入り操作していると結論付けた。実際にはキャビネットの中であったが。

将棋差し人形は、「将棋を差す」人形のことで、オーストリア・ハンガリー帝国の女帝マリア・テレジア（Maria Theresa:1717-1780）の命によりハンガリーのケンペレン（Wolfgang von Kempelen:1734-1804）によってチェスをする機械人形（オートマトン）として作られ、1770年にウィーンのシェーンブルン宮殿で披露された。この人形は横幅が約120cm、奥行きが約60cm、高さが約90cmのキャビネットからなり、そのうしろにターバンをかぶりトルコ風の衣装を着た人形が腰掛けている。この機械人形は将棋を差すトルコ人、「タ－ク」と呼ばれた。


タ－ク」の実演風景

デビュー以来、「タ－ク」は1854年に焼失するまでの84年間、多くのヒトの手に渡っていった。1808年、メルツェルは「タ－ク」をケンペレンの息子から購入し、修理、組み立て直して、多くの機械仕掛けの自動人形と一緒に、ヨーロッパまた北米で興行して回った。ポオはこの時に「タ－ク」に出会い、エッセーを書いた。「タ－ク」は宮廷や公共の場で人びとの注目を浴びチェスの試合にほとんど勝利した。この「タ－ク」を相手に将棋を差した人物に、ナポレオン・ボナパルトやベンジャミン・フランクリンがいる。また、巧妙な機械人形のロンドンでの展示を見て、カートライトが機械式の自動織機の開発を行ったとされ、産業革命のきっかけをもたらしたとも言われている。メルツェルは技術者であるが、音楽家としても有名でベートーベンと交流があり、メトロノームの発明者と

言われる。

「ターク」は注目を浴び続けたが、ヒトが操作していることが知られ、将棋を差す、思考する機械としては疑問の目で見られていった。一方、同時代には自動人形として文字を書く、絵を描く、オルガンを弾くなどの動作を伴った機械人形が製作されていた。

その後、機械にチェスをさせるという仕掛けは人間の能力を機械は真似することができるのかという論争、人間のように思考する機械を作ることができるのかという問いかけになっていった。このような疑問を抱いて、「ターク」と向かい合った人物にイギリス、バベッジ(Charles Babbage:1792-1871)がいる。バベッジは「ターク」と対戦してからチェスを差す思考機械、機械式コンピュータ「階差機関」を構想していった。このような思考機械は知的な動作を行わせようとする人工知能(AI)に受け継がれていく。

ケンペレン(1974年切手)

メルツェル

20世紀に入り、デジタル式のコンピュータの発明がなされ、今日の情報化(IT)社会へと急速に進展していった。これにはアラン・チューリング(Alan M.Turing: 1912-1954)、クロード・シャノン(Claude E.Shannon: 1916-2001)、ジョン・フォン・ノイマン(John von Neumann: 1903-1957)など、コンピュータの基礎をつくった天才数学者の活躍があった。

さて今日、単に計算するコンピュータよりも、自ら思考する機械としてのコンピュータは人工知能(AI)と呼ばれるようになってきた。このコンピュータの基本的な概念はイギリスのアラン・チューリングが唱えた「チューニング・マシン」である。また、チューニングは第二次世界大戦中、ドイツの暗号「エニグマ」の解読に成功したが、その業績は極秘扱いで秘密にされた。彼は1950年頃に、コンピュータによるチェスのプログラムを書き始めている。第二次世界大戦が歴史として話題にあげることができるようになった1970年代に入り、優れた暗号解読者、AI研究の先駆者としてチューニングは再評価され、この天才数学者は英国で2021年から流通する50ポンド紙幣の肖像に採用される。シャノンは、今日の情報化社会をもたらす先駆的な研究を残し、情報工学の父と呼ばれる。シャノンは1949年にはコンピュータ将棋(チェス)に関する論文「チェスのためのコンピュータプログラミング」を発表している。また、フォン・ノイマンは「チューニング・マシン」の概念を具体化し、現代のコンピュータの原型となるプログラム内蔵型のコンピュータとして理論化した。そのため、今ではコンピュータは「ノイマン型コンピュータ」と呼ばれて現代に至っている。

「ターク」を思考する機械と考えれば、今日のAIによるコンピュータ将棋(AI将棋)の起源は「ターク」と言える。AI将棋ソフトがプロの棋士を上回る実力を持つようになってきた今、歴代単独1位の通算1434勝(2019年6月4日)を達成した羽生善治棋士(九段)、瞬く間に段位を駆け上った藤井棋士、ともにAI将棋ソフトを相手に将棋の詰み手の学習をしているのでしょうか。

(TS)

参考文献

1.エドガー・アラン・ポオ:「メルツェルの将棋差し」(ポオ小説全集1、小林秀雄・大岡昇平訳、創元推理文庫、1974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　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頂きます。

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頂きます。

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

新たな元号である令和元年も残りわずかとなりました。令和元年は、台風や大雨により、全国各地で大規模な災害が発生しました。近年の激甚化する自然災害の教訓として、日頃からの備えや連絡手段の確認が改めて重要だと感じています。

さて電磁界情報センターでは、７月に４名の異動があり、新たに着任した佐々木特命GMと私で今号の巻頭言を担当し、海外動向などを中心に情報を提供いたします。

今後も、電磁界に関する最新情報や科学的な情報を分かりやすく提供できるよう努めて参りますので、どうぞよろしくお願いいたします。

情報調査グループ　堤　哲也

JEIC NEWS　No.56　2019（令和元）年12月18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　http://www.jeic-emf.jp/