JEICNEWS

Japan EMF Information Center News

2011年2月発行

No.

13

Index

P2

「安心」について

P3~P5

EMFトレンド情報 1

新ICNIRPガイドラインについて(解説 その1)

P6~P7

EMFトレンド情報 2

小児白血病の疫学論文紹介(後半)

P8~P10

EMF関連情報

電磁気今昔⑩ -生物圏の物理環境-

P11

電磁波のそこが知りたい!

「電磁波はどこから出ているの? 第2回 ~電子レンジ編(補足その2)~」



「安心」について

情報提供グループ 森山 孝史

平成21年7月から勤務しております森山孝史と申します。私は、九州電力からの出向で参った者ですが、それまで九州を出て生活することがほとんどなかったこともあり、着任当初は、初めての東京生活や初めて経験するセンターの仕事に大変不安を感じていました。しかし、1年半あまりが経過した現在では、いつの間にか不安も解消し、家族3人(妻と幼稚園の娘)でそれなりに東京での生活を楽しんでいます。

さて、私は今年で41歳になります。41歳と言えば、厄年(本厄)ということで、去る1月9日(日)に、家族を引き連れ自宅近くの神社に厄払いに行ってきました。そこで、厄年と「安心」について考えてみたいと思います。

厄年とは、厄災が多く降りかかるとされる年齢のことです。 厄年は科学的なものではありませんし、 その起源も曖昧なようですが、日本では古くから信じられている風習です。

男性と女性の厄年は異なり、本厄は、数え年(誕生日前の場合は+2歳、誕生日を迎えている場合は

+1歳を加算)で、男性が25歳、42歳、61歳、女性が、19歳、33歳、37歳とされています。この内、特に男性の42歳と女性の33歳が大厄とされていて、凶事や災難に遭う可能性が非常に高いので十分な警戒が必要とされています。42歳と33歳は中高年期への過渡期にあたり、男性の場合は社会的にも責任が重くなり、精神的・肉体的な疲労が多くなること、女性の場合は子育てや主婦として非常に多忙な時期であることから、病気などを起こしやすいということのようです。しかし、これらは統計的に証明されたものではないようです。

このように厄年というのは、ただの迷信と言うこともできますが、私も含め日本人の多くは、このような風習を心のどこかで信じていて、厄払いをしたり、厄除けのお守りを持ったりということをしていると思います。

つまり、このような行為は、科学的な根拠はどうであれ、少しでも「安心」したいという心の表れだと思います。

ここで、「安心」という視点で、厄年と電磁界を比べてみたいと思います。 厄年も電磁界も目に見えないという共通点はありますが、両者には、科学的か否かという点で決定的な違いがあります。 ですから、「安心」 を得る方法もまた違ってくるのだと思います。

電磁界の健康影響は30年以上の研究により、多くのことが分かってきています。したがって、電磁界情報センターでは、まずその科学的な情報をお伝えし知っていただくことが大切だと考えています。電磁界に対する知識や不安の程度は人によって様々ですが、特に、電磁界に漠然とした不安を感じている方にとっては、これら科学的な情報を知ることにより電磁界リスクを冷静に捉えられるようになり、一つの「安心」につながっていくのではないかと思います。

「科学は苦手」という方も多いかと思いますが、そうした方にもできるだけ分かりやすいお話ができるよう努めてまいりますので、お気軽にセンターまでお問合せいただき、皆さまの電磁界不安や疑問をお聞かせいただければと思います。

最後になりますが、「安心」は、人間が生きていくための、あるいは何かに対して次の一歩を踏み出すための土台として必要不可欠なことだと思っています。今後も、「安心」を大切にしながら、センターの活動に取り組んで参りますので、今後ともよろしくお願いいたします。

男性			女性			
前厄	本厄	後厄	前厄	本厄	後厄	
24歳	25歳	26歳	18歳	19歳	20歳	
41歳	42歳	43歳	32歳	33歳	34歳	
60歳	61歳	62歳	36歳	37歳	38歳	

新ICNIRP

「ガイドラインについて」

(解説 その1)

重光 司

1. はじめに

2010年11月16日、国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) は、100kHzまでの時間変化する電界および磁界に関するガイドライン²を公開しました(以下、新ガイドラインといいます)。これは、1998年に公表されたガイドライン³(以下、旧ガイドラインといいます)の周波数100kHz以下の内容に取って代わるものです。

1998年以来、低周波電界および磁界の生物影響について数多くの科学研究がなされ、100kHzまでの周波数帯について、国際がん研究機関(IARC) 4の発がん性評価(2002) 5、ICNIRPによる科学論文レビュー(2003) 6、世界保健機関(WHO)の健康リスク評価(2007) 7が行われてきました。これらの科学的知見の蓄積により、科学的データに基づいた電界および磁界へのばく露を防護することを目的としたガイドラインの見直しがなされました。

したがって、旧ガイドラインは300GHzまでを網羅していましたが、新ガイドラインは1Hz~100kHzまで

の時間変化する低周波の電界および磁界を扱っています。また、OHz~1Hzの周波数については、別途ガイドラインが公表される予定です。なお、静磁界については、2009年にガイドラインが公表されています⁸。

新ガイドラインでは、基本制限の指標を体内誘導電界としたこと、基本制限の根拠として磁気閃光現象を重要視したこと、体内誘導電界や参考レベル¹⁰の導出に用いる計算手法が格段に進歩したこと、低レベル磁界ばく露の長期的影響については、ばく露制限の根拠として用いるには十分でないこと、などの論拠が示されています。

以下に、新ガイドラインの防護の考え方とその科学的背景について超低周波 (50Hz/60Hz) 電界と磁界を中心に取りまとめます。後述しますが、新ガイドラインの (50Hz/60Hz) 磁界の公衆ばく露の参考レベルは200 μTに変更されました。

なお、新ガイドラインおよびファクトシート¹¹の全文はICNIRPホームページから入手可能です。また、日本語訳についても同ホームページならびに電磁界情報センターホームページから入手できます。

¹ ICNIRPは、1992年5月18~22日、カナダモントリオールでの第8回国際放射線防護学会(IRPA)でIRPA内の組織である国際非電離放射委員会(INIRC)の活動を引き継ぐ形で設立された。ICNIRPは、電磁界、光学放射(紫外、可視光、赤外、遠赤外線)、超音波など、非電離放射のばく露による健康への影響に関する助言と指導、ばく露制限値に対する国際的なガイドラインの作成ならびに、中立的な立場で科学的ガイダンスを行う独立の組織。

² ICNIRP (2010): Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1Hz to 100kHz)。 Health Physics, vol.99, pp.818-836. [日本語訳] 時間変化する電界および磁界へのばく露制限に関するガイドライン (1Hzから100kHzまで) (電磁界情報センター訳)。

³ ICNIRP (1998): Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300GHz). Health Physics, vol.74, pp.494-522.

⁴ 国際がん研究機関 (IARC: International Agency for Research on Cancer) は、1965年に世界保健機関 (WHO) 総会で、発がんのメカニズム、疫学、予防等の研究を行う組織として設立が決まったWHOの外部組織。

⁵ IARC: Static and extremely low frequency electric and magnetic fields. Lyon, France: IARC; IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans Volume 80: 2002

⁶ ICNIRP: Exposure to static and low frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (0-100kHz). In: Bernhardt JH, Matthes R, McKinlay A, Vecchia P, Veyret B, eds: Review of the scientific evidence and health consequences. Munich: ICNIRP; 2003.

⁷ WHO: Environmental Health Criteria 238. Extremely low frequency (ELF) fields: Geneva: World Health Organization; 2007.

⁸ ICNIRP (2009): Guidelines on limiting exposure to static magnetic fields. Health Physics, vol.96, pp.504-514.

⁹ 基本制限:健康への有害な影響に至る可能性のある、全ての、既知の身体組織との生物物理的相互作用メカニズムに直結する物理量に関する、守ることが義務づけられた制限値。

¹⁰ 参考レベル:基本制限の遵守を明確にするために用いることができる実際的、また "代用的" なパラメータ。

¹¹ Fact sheet on the guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz) published in Health Physics 99(6): 818-836: 2010. http://www.icnirp.de/documents/FactSheetLF.pdf (日本語訳) ファクトシート 時間変化する電界および磁界 (1Hz~100kHz) へのばく露制限に関するガイドライン (電磁界情報センター訳)。

2. 内容

2.1 目的と範囲

新ガイドラインの「目的と範囲」には、主目的として、電界と磁界の健康への有害な影響を防護するためにばく露制限に関するガイドラインを制定すること、適用範囲は、職業的ばく露¹²ならびに公衆ばく露¹³の両方であること、制限値の制定には急性影響に関する科学的に確立された証拠に基づいていることが述べられています。一方、製品からの放射電磁界ノイズの制限は含まず、金属製人工器官、心臓ペースメーカ、植込み型除細動器、人口内耳などの医療機器との電磁干渉、あるいはこれらの機器への影響が必ずしも新ガイドラインで取り除かれるわけではないとしています。また、電界と磁界の計測技術も扱わないとしています。

2.2 ばく露制限の科学的根拠

ガイドラインにおける制限値(基本制限、参考レベル)の策定に先立ち、現在の科学文献から得られる結論を、以下の6項目で要約しています。1)神経行動学、2)神経内分泌系、3)神経変性疾患、4)心臓血管系疾患、5)生殖および発達、および6)がん。これら6項目について、科学的に精査した結果を簡潔に取りまとめると以下のようになります。

- 1) 神経行動学: 低周波の電界へのばく露は、表面電荷作用により、知覚から不快感までの良く知られた生物学的な反応を引き起こすが、これは健康への悪影響ではない。低周波の磁界では、体内に誘導される電界によって神経への刺激がある。これは中枢¹⁴および末梢神経¹⁵への刺激、網膜への閃光¹⁶現象として長年にわたり研究がなされ、確立したものである。一方、ボランティアによる脳の電気活動、認知、睡眠、気分などへの神経行動学的影響の証拠は指針の根拠とするには信頼性がない。
- 2) 神経内分泌系: 低周波の電界および磁界が、人の 健康に有害に作用するように神経内分泌系へ影響 を与えることを示唆していない。

- 3) 神経変性疾患: 低周波ばく露とアルツハイマー病および筋萎縮性側索硬化症 (ALS) との関連の証拠は決定的ではない。
- 4) 心臓血管系疾患: 低周波と心臓血管系疾病との関連性を示唆していない。
- 5) 生殖および発達: 低周波と発達および生殖への影響との関連の証拠は非常に弱い。
- 6) がん:商用周波の磁界への長期的なばく露と小児 白血病との関連についての疫学的な証拠とは対照 的に、がんについての動物実験データ、特に大規模 な研究から得られたデータは、ほぼ全面的に否定 的である。細胞研究からのデータは、ほぼ全面的 に否定的である。さらに、細胞からのデータは、明 快ではないものの、全体的に動物研究を支持して いる。

このような科学文献の評価を踏まえ、ばく露制限の 根拠として以下の2つの要素を取り入れています。

- 1) 低周波の電界へのばく露によって人体の表面に引き起こされる可能性のある、知覚から不快感までの範囲で良く知られている十分に明らかにされた 生物学的反応。
- 2) 低周波の磁界によって引き起こされるヒトのボラン ティアにおいて、十分に確立された作用である中枢 ならびに末梢神経組織刺激、網膜への閃光現象の 誘発。

2.3 推奨されるガイドラインの論拠

- 1) 急性影響:電界による表面電荷によって生じる人体表面への作用による痛みの防止、体内への誘導電界による中枢神経系、末梢神経系や筋肉組織への刺激の制限、頭部での中枢神経の誘導電界による網膜での閃光現象の制限などをよく知られた科学的な証拠としてガイドラインの論拠としている。
- 2) 慢性影響: 低周波の磁界への長期ばく露が小児白 血病のリスク上昇と因果的に関連することについ ての既存の科学的証拠は、ばく露ガイドラインの 根拠とするには非常に弱い。とりわけ、もし関係が

¹² 職業的ばく露:正規の、または割り当てられた職務遂行の結果として、個人が体験する全ての電磁界ばく露で、職場で1Hzから10MHzの時間変動電界および磁界へばく露される成人に適用。

¹³ 全ての年齢の様々な健康状態の各個人に適用され、公衆の成員が経験するすべての電磁界ばく露。職業的ばく露および医療処置中のばく露は含まれない。多くの場合、公衆の人たちは、自身の電磁界へのばく露に気づいていない。

¹⁴ 中枢神経系: 多数の神経が集まってまとまっている領域で、脳と脊髄からなる脊椎動物の神経系の一部。

¹⁵ 末梢神経:中枢神経系からでている神経系の総称で、体性神経系と自律神経系に分けられる。

¹⁶ 閃光: 光以外の刺激で起こる視覚系の感覚。電気閃光は電流によって誘発され、磁気閃光は磁気的に誘発される。

因果関係でなかった場合、ばく露を低減しても健康への利益は何も生まれない。

3) ドジメトリ:旧ガイドライン発行時では、単純な円 形導体ループモデルを人体模擬に用いたが、解剖 学的および電気的に精密な不均一モデルによる電 界および磁界による人体内誘導電界に関する正し い知見が得られるようになった。

ガイドライン指針は、以上の急性的および慢性的な健康影響に対処し、また最近のドジメトリの進展を考慮に入れて作成しています。なお、ドシメトリとは、電磁界にばく露された人体または動物の内部電界強度または誘導電流密度などの測定値や計算値のことをいいます。

2.4 ばく露制限に関するガイドライン

職業的ばく露および公衆ばく露に対して、別々の指針が割り当てられています。ガイドラインは基本制限と参考レベルから構成され、基本制限は確立された健康影響と直接的に関連づけられる物理量に基づいた制限値です。一方、参考レベルはばく露制限を評価するための体外における電界、磁界を用いた値で、基本制限への適合性を判断することになります。

2.4.1 基本制限

基本制限は、刺激作用を根拠に体内での誘導電界を指標とし、末梢神経 (PNS) 組織への作用と中枢神経 (CNS: 脳と網膜) 組織への作用として網膜における閃光現象を別々に考慮して制限値が設けられています (表参考)。また、誘導電界には2 x 2 x 2 mm³の体積組織の空間平均を使用しています。

閃光現象の閾値は、10~25Hzにおいて基本制限値を50mV/m、それ以上では周波数比例とし、職業的ばく露では100mV/m(50Hz)、公衆ばく露では20mV/m(50Hz)とされました。末梢神経系への反応閾値は4V/m(3kHz以下で一定、それ以上では周波数に比例)とし、職業的ばく露では低減係数を5、公衆ば

く露では10を適用しています。その結果、周波数50Hzの基本制限は、職業的ばく露は800mV/m、公衆ばく露は400mV/mが設けられました。

2.4.2 参考レベル

基本制限から参考レベルへの換算は、解剖学的モデルを用いた数値ドジメトリに基づいています¹⁷。数値ドジメトリを参考にし、新ガイドラインでは、参考レベルを以下のような換算によって導出しています。

- 1) 頭部のCNSに対して、1mTの磁界ばく露で、23 ~33mV/mの誘導電界が生じる¹⁸。磁界に関する一般公衆へのばく露の基本制限値は50Hzで20mV/mであり、この誘導電界を生じるには外部より約600 μ Tの磁界¹⁹が必要である。この場合、低減係数を3として、200 μ Tの磁界を参考レベルとしている。
- 2) 全組織について、PNSへの影響についての誘導電界は1mTの磁界で誘導電界を20~60mV/mとしている(資料17では該当とする数値はない)。ここで基本制限値は50Hzで400mV/mであり、この誘導電界を生じるには、外部より約6.67mTの磁界²⁰が必要である。

このような計算により、安全側の数値を取り上げ、商用周波磁界の参考レベルを 200μ Tとしていると考察されます 21 。(次号に続く)

超低周波 (50Hz/60Hz) における職業的ばく露ならびに 公衆ばく露に関する基本制限と参考レベル

			50Hz	60Hz	単位
公衆ばく露	基本制限	頭部	20	24	mV/m
		全身	400	400	mV/m
	参考レベル	電界	5	4.17	kV/m
		磁界	200	200	μТ
職業的ばく露	基本制限	頭部	100	120	mV/m
		全身	800	800	mV/m
	参考レベル	電界	10	8.33	kV/m
		磁界	1000	1000	μТ

¹⁷ Dimbylow PJ: Development of he female voxel phantom, NAOMI, and its application to calculations of induced current densities and electric fields from applied low frequency magnetic and electric fields. Phys. Med. Biol, vol.50, pp.1047-1070.

¹⁸ 資料17では、男性のモデル (NORMAN) より1mTの磁界ばく露での誘導電界を33mV/mとしている

¹⁹ 公衆ばく露の基本制限20mV/m、ならびにワーストケース33mV/m (1mT当たり) を想定している。

²⁰ 職業的ばく露の基本制限、400mV/mならびにワーストケース60mV/m (1mT当たり)を想定している。

²¹ 脚注、19ならびに20での計算より、中枢ならびに末梢神経への刺激として、より安全側に参考レベルを設けることとして、周波数 (50/60Hz) に無関係に200 μ T を公衆の参考レベルとしている。

<u> 小児自血病の</u> 「疫 学 論 文 紹 介 」

(後半)

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。JEIC NEWS No.12では、これまでの疫学研究の流れと2010年のプール分析論文の概要を紹介しましたが、今回はその論文をもう少し詳しく解説します。

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 既存のプール分析の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対照のプール分析を紹介して

います。この論文の方法および結果の概要については、 JEIC NEWS No.12で解説していますので、今回は割愛 します。

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。

その結果を下の表に示しました。

表:今回の最新プール分析とAhlbomらのプール分析(2000)の統合オッズ比の比較;年齢・性別・SESおよび研究を調整済み。

研究のタイプ	0.1-<0.2 μT	0.2-<0.4 μT	≧0.4 μT				
磁界測定研究							
Ahlbom らの分析	1.05 (0.86 - 1.28)	1.15 (0.85 – 1.54)	1.87 (1.10 – 3.18)				
今回の最新分析	1.00 (0.74 - 1.33)	1.29 (0.83 - 2.02)	1.41 (0.73 - 2.71)				
ブラジルを除く最新分析	1.05 (0.73 - 1.50)	1.36 (0.75 - 2.48)	2.23 (0.83 - 5.99)				
磁界計算研究							
Ahlbom らの分析	1.58 (0.77 - 3.25)	0.79 (0.27 - 2.28)	2.13 (0.93 - 4.88)				
今回の最新分析	2.02 (0.75 - 5.41)	0 症例 /3 対照	1.68 (0.34 - 8.38)				
全ての研究							
Ahlbom らの分析	1.08 (0.89 - 1.31)	1.11 (0.84 – 1.47)	2.00 (1.27 - 3.13)				
今回の最新分析	1.07 (0.81 - 1.41)	1.22 (0.78 – 1.89)	1.46 (0.80 – 2.68)				
ブラジルを除く最新分析	1.15 (0.83 – 1.61)	1.20 (0.67 – 2.17)	2.02 (0.87 - 4.69)				

参照レベル:<0.1 μT。

クロールらのドレーパーの研究の再評価論文

論文の表題は「イングランドとウェールズの小児がんと高圧送電線磁界:症例対照研究」で、筆頭著者はクロールですが、ドレーパーも共著者の一人に加わっています。クロール等の研究は、2005年にドレーパー等の研究の結果について、対象者の磁界レベルを計算し、小児白血病などの小児がんとの関連性を調査することです。このデータも先のカイフェッツらのプール分析の対象となっていることは上述しました。

[Childhood cancer and magnetic fields from high-voltage power linesin England and Wales: a case-control study. ME Kroll, , J Swanson, TJ Vincent1 and GJ Draper, Br J Cancer (2010) 103, 1122 -7]

2005年のドレーパー等の研究では、出生時住所か ら架空送電線までの距離と小児白血病との統計学的に 有意な関連性を見いだしたのですが、その関連は、送電 線から遠く離れた距離まで広い範囲でみたものであっ たため、安易に磁界で説明することはできなかったので す。クロール研究では、先の距離研究に含まれた小児に ついて、各住所における高圧送電線由来の磁界の推定 値を可能な限り入手し、小児白血病のリスクとの関連性 を調べました。結果ですが、磁界の0.2μT刻みの上昇 に対する相対リスク(RR)推定値は、1.14 (95%信頼 区間 0.57~2.32)でした。結論としては、「統計学的有 意性はないが、小児白血病に関する推定値は、これまで の同様の研究の結果と同じようである。仮に因果関係 があるとすると、寄与リスク推定値は1年当たり1症例を 下回る。以前に、我々は架空送電線からの距離との関連 を報告したが、その関連の原因が全て出生年の磁界ばく 露にあるとはとても考えられない。」というものです。

ELF磁界と小児白血病に関する更なる 研究の価値についての論説

スウェン・シュミーデルとマリア・ブレットナー(ヨハネス・グーテンベルク大学、ドイツ)による「疫学におけるELF磁界と小児白血病との間の関連:もう十分か?」と題する論説が掲載されました。この中で著者らは、低レベルのELF磁界と小児白血病に関する疫学的証拠はその限界に達しており、更なる研究は安全性の論議にほとんど寄与しないだろうと示唆しています。一般的には、研究者がこのような見解を表明するのはめったにあることではないと言えます。

[Commentary on the Value of More Research on ELF Magnetic Fields and ChildhoodLeukemia Schmiedel S, Blettner M. The association between extremely low-frequency electromagnetic fields and childhood leukaemia in epidemiology: enough is enough? Br J Cancer.

2010 Sep;103(7):931-2.1

シュミーデルとブレットナーは、症例と対照のマッチングを無視し、ばく露の分類に異なるばく露の幅を用いた(これにより、1人の対照の分類が変化し、結果的にオッズ比の推定値を変化させた)結果として、「クロール等の解析結果が、カイフェッツ等のプール解析と全く異なるように見えることは注目に値する」、また、「このことは、研究対象が少ない場合の結果が如何に不安定であるか、また、解析ごとに異なるカットオフポイントを用いることの危険性を示している」と指摘しています。

ばく露測定及び調査手法が改善されていたにも拘わらず、最近の研究のプール解析でのリスク推定値が2000年以前の研究に基づくプール解析と同程度であったことから、著者らは「疫学が更なる証拠を提示することはできないと我々は信じる。可能性のある因果関係のメカニズムと疫学的手法に関する現状の知識に基づけば、ELF磁界と小児白血病との関連性についてのより良い洞察は期待できない。だからこそ、更なる論文が幾つも発表されているにもかかわらず、グリーンランド等(2000)が論考で指摘している『データからは得られていない、何らかの生物学的な意味合いのある影響だけを反映している尺度』が、10年たった今でも依然として効力を持っているのである」と述べています。彼らは、

「疫学的固執の病因論:もう十分な時」と題する最近の デイヴィッド・サヴィッツの論文の見解に同意していま す。著者らは、新たなアイデア(例:潜在的メカニズム) や手法(例:ばく露評価)が長い間出てこない現状で、

「我々は疫学研究の限界を認めるべきである。高ばく 露群の子供の割合は1%未満であり、公衆衛生上のイン パクトは低いので、これは概ね事実である」と述べてい ます。

個人的には、遺伝子解析を伴う疫学研究によりまずは小児白血病の病因を解明し、その上でその病因と商用 周波磁界との関わりを追究した方が、回り道の様でも必要であると考えています。

EMF関連情報

電磁気今昔⑩

生物圏の物理環境

最近の新聞に、『太陽まもなく「冬眠」』の見出しで『太陽の活動が約11年周期で活発になることは良く知られていますが、現在、その活動が不活発になる「冬眠」の準備に入ったのではないか』という興味ある記事が掲載されました。太陽が活発になると、太陽で発生する強い磁界によって地球の気象に大きく影響を及ぼすことが懸念されています。

太陽と地<mark>球の環</mark>境変化

1989年3月13日の夜中、カナダのケベック州にある発電所が突然ダウンし、大規模な停電が発生しました。この停電は、600万人の人々に影響を与え、被害総額は700億円を超えたとされています。原因は、周期的に太陽の表面に現れる黒点で発生する強い磁界とされています。その磁界は、太陽面での爆発(フレア)を引き起こし、放出された太陽風(イオン粒子の流れ)が地球に襲い掛かり、大電流が電離層に流れ、地表に達し、突発的な停電を引き起こしたとされています。このように、地球を取り囲んでいる宇宙の環境変化が我々の社会生活に大きな影響を与えることが考えられることから、現在は宇宙の環境変化を予測する「宇宙天気予報」が検討され、

(独)情報通信研究機構に宇宙天気情報センターが設けられています。それによって、電力系統や通信線・航空通信、GPS・気象予測、人工衛星への障害などに対する予報が試みられているようです。ちなみに、1989年以前にも電力系統や通信線に磁気嵐が障害を与えた例が見られていますが、これについては文献を参考にしてください。

緯度が低い日本では、オーロラを見る機会はほとんどありませんが、太陽の環境変化による障害は生じるのでしょうか。

我々が住む地球は、約46億年前に太陽系の一惑 星として誕生しました。地球の原始大気は、じわじわ と地殻から吹き出した火山ガスからなり、その主な 成分は二酸化炭素と水蒸気であったと推測されています。何億年かの時の流れの中で、その水蒸気は凝集して水となり、地表面の約70%を覆う海洋が形成され、地球は水の惑星に変貌していきました。また、大気中の二酸化炭素は、藍藻や緑藻の光合成作用によって次第に酸素に置き換えられていきました。こうして、生物の存在を可能とする水と酸素の豊富な地球環境が形成されたと考えられています。

太古の地球では、天空から強烈な紫外線が降り 注いでいたと言われています。紫外線の強いエネル ギーによって生命の出現が阻まれたことから、最初 の生命は紫外線の到達し得ない海の中で誕生した とされています。それは藍藻の化石として、約20億 年前の岩石中に発見されています。また、その岩石 の中には、葉緑体の分解生成物と思われる高分子炭 化水素の存在も確認されており、その頃にはすでに 光合成が存在していたものと考えられています。こ の光合成による大気酸素の増加は、生物にとって第 二の重要な環境の変化をもたらしました。それは、 大気上層の酸素が太陽からの紫外線の影響を受け てオゾンとなり、地球周辺にオゾン層が形成された ことです。オゾン層は紫外線を遮蔽することから、こ れによって生物が陸上でも生存できるおだやかな地 球環境が形成されたとされています。

我々の住む地球は、その性質によって何層かに分けられる大気層によって覆われています。 地表から約12kmの高度までが対流圏と呼ばれ、ここでは気象現象が卓越しており、大気は海や大地から熱を得

て上昇し、膨張して冷え、水分の凝結で雲や雪や雨 となっています。対流圏では、気象現象による静電 気が発生し、地表面では約100V/mの電界が発生し ています。また、大気は絶縁体をなしています。10~ 50km程度の上空は成層圏と呼ばれ、温度の上昇が 見られます。成層圏の内部にはオゾン層が存在し、 オゾンが太陽放射に含まれる紫外線を吸収し、大気 を加熱することから成層圏が形成されています。成 層圏から上、50~100kmを中間圏と呼んでいます。 高度80kmくらいから450km付近までの上空は、 電離現象が卓越し、電離圏と呼ばれています。ここ では、酸素原子が太陽の紫外線を吸収し、X線の吸 収、酸素原子が陽子や電子に衝突して電離現象が起 きています。電子密度の分布により、約90km以下 をD層、90~140kmをE層、140~400kmをF層 と呼んでいます。電離圏では電子やイオンの動きに より、電流が流れやすく、高層大気の潮汐運動や地 球磁場の作用で流れる電流によって地磁気の日変動 が生じています。

人間も含め、すべての生き物や物体は、その温度



エッフェル塔への落雷(1890) (オルセー美術館(パリ))

で決まる光ー電磁波ーを出しています。たとえば、体温が37℃(絶対温度:約300K)の私たちは10μmの赤外線を発生しています。1900年代初め、この光の放射の問題を定量的に扱う必要が生じ、黒体ーBlackbodyーという理想的な物体が考え出されました。黒体による輻射の考え方を完成させたのは、量子力学の創始者の一人であるドイツ人、マックス・プランク(Max Planck: 1858~1947)です。黒体とは、外から入射する光エネルギーによる放射を全部の波長にわたって完全に吸収、放出できる物体とされています。このような考えに基くと、太陽から放射される光エネルギーの波長分布は、約5,780Kの黒体から放射される光エネルギーの波長分布で近似できます。

放射は、電磁波によるエネルギーの伝達であり、 地球上での熱の出入りには太陽放射と地球放射が 考えられています。太陽は約1.5億kmの彼方から、 波長数百nmから数μmにわたる広い周波数範囲の 電磁波-太陽の表面温度として5,780K-によって、 1分当たり太陽に面した面積1平方m当り、1.95カロ リーのエネルギーを地球に供給していることになり ます。この値は、大きく変わることはありませんし、1 平方m当たりで1.36キロワット(kW)の電力に相当 します。太陽放射の最大値は波長、約0.475µmに あります。一方、地球はその熱エネルギーによって暖 められ、地表や海面、大気からはその温度(255K) に対応した電磁波ー波長数μmから数百μmーが宇 宙空間に放出されていますが、その地球放射による 放射エネルギーと太陽からの入射エネルギーは平衡 して、地表の温度は生命の維持に適した一定の温度 に保たれています。地球放射は波長約11µmで強度 が最大です。また、波長8~12µm領域で地球大気 による吸収が弱く、地球大気の外に到達するため、 この波長領域は「大気の窓」と呼ばれています。一 方、二酸化炭素は波長2.5~3 μm、4~5 μmが強 い吸収帯をなしており、この吸収帯があることから、 地球温暖化の問題として二酸化炭素の増加が議論 されています。

進化をう<mark>ながす</mark>電磁波

このような環境の中で、植物は光合成によって大 気中の二酸化炭素を固定して酸素を作り、動物はそ の植物に依存して生命を維持してきました。こうし て、地球には、他の惑星では見られない生物圏が構 成されたのは、約5億年前のことと言われています。 しかし、このような太陽の恵みを受けて育まれた太 古の地球環境は生物にとって決して生優しいもので はありませんでした。地球上には、多くの種類の強 烈な放射線が飛び交っていたからです。このことは、 1972年にフランスの原子炉庁によって、アフリカの ガボン共和国で発見されたオクロ鉱床の天然原子 炉が雄弁に物語ってくれています。驚くべきことに、 オクロには、現在の原子力発電に使用されているも のと同じ程度の高濃度のウラン鉱があり、自然の核 分裂連鎖反応が行なわれていたのです。その核分裂 生成物の詳細な調査により、この自然の原子炉は今 から約17億年の昔に出現し、60万年の長期間にわ たって約30kW相当の原子エネルギーを燃やし続 けていたものと推定されています。この天然の原子 炉の例から分かるように、太古の地球の表面近くに は、濃度の高い放射性物質を含む岩石が多量に存在 していました。そのため、地上の放射線環境は極め て厳しかったに違いありません。しかし、十数億年と いう長い年月の経過によって各種の放射能は次第に 消滅し、現在の静穏な地球に落ち着いたものと考え られています。

また、地球上の全ての生物は、はるか天空から降り注ぐ宇宙線にも曝されてきました。幸い、宇宙線は地球磁界や電離層の影響を受けて弱まりますが、ある程度の量-1平方cm当り1秒間1~2個程度-は常に大気を突っ切って生物圏に飛び込んできます。生物は、このように地球の岩石が発する放射線と宇宙から飛来する放射線の中で生存し進化してきました。放射線は生物の生命を脅かすと共に、突然変異を発生させ、それが生物進化の原動力となってきました。現存する生物種は海生、陸生合わせて約200万種を越しますが進化の途中で滅びた生物種の数は、恐らくその100倍を越すだろうと言われています。

太陽からの電磁波と地球や宇宙からの放射線のほかに、生物は、生命発現の昔から、地球自身が作り出す電界、磁界、空気イオンおよび地球の周辺をかけめぐる周波数の低い電磁波にも曝されてきました。自然放射線が強かった太古には、電離による空気イオンの発生は現状よりはるかに激しかったため、それが生物に与える影響も大きかったと考えられて

います。また、熱帯的な気象条件の時代や、造山活動の活発な地質時代には、激しい上昇気流や火山の爆発による雷雲の発生も多く、雷による発電現象は現在よりはるかに強烈だったに違いありません。このため地球上には、常に強い静電界や低周波電磁界が存在し、それらは生物の進化に種々な影響を与えてきたものと推測されています。

放射線はその強いエネルギーによって生物の生命を脅かし続けました。しかし、生物は同じ刺激を僅かずつ長期にわたって受け続けると、その刺激に対する対抗力が増大する性質ー適応応答ーがあります。例えば、X線照射によってヒトのリンパ球に生じる染色体異常は、その細胞に前もって弱いX線を照射しておくことで減少することが知られています。これは、細胞が低レベルの放射線に適応応答ーDNAの修復一するためと考えられています。このような現象を放射線ホルメシスと言い、現在も研究が進められています。

電界、磁界および低周波電磁界の持っているエネルギーは、放射線とは比較にならないほど小さく、そのようなエネルギーレベルの低い自然現象に対しては、生物は適応応答のような防御手段としてではなく、生命を維持するための手段として積極的に利用してきたことが推測できます。例えば、トリの渡りや、魚の回遊には地磁気が利用されている可能性が実験的に調べられ、静電界や空気イオンは生物の成長にも深く関係しているようです。また、生命の基本的なリズムを作る生物時計の形成には、地球を駆けめぐる低周波電磁界ーシューマン波ーが深く関係しているのではないかと推測されています。

重光 司

参考文献

- (1) 坪井昭·堀内進:磁気嵐と電力系統。電気学会雑誌 vol.108(3) pp.233-236 (1988)
- (2) 黒田和夫: 17億年前の原子炉。 講談社 ブルーバックス 720 (1988)
- (3) König HL: Unsichtbare Umwelt第5版 (1986)
- (4) 宇宙天気情報センター: http://swc.nict.go.jp/contents/

「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…というぐあいに、 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。

波はどこから出ているの?

について解説します。(第2回目に引き続き、技術の視点で解説したいと思いますので、少しむずかしい表現を用いています。 ら水が加熱する原理について解説しました。今回は第3回目「電子レンジ(補足その2)」として電子レンジ内でのマイクロ波の性質 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」の原理、第2回目に「電子レンジ(補足)」として技術の視点か 専門家ネットワーク情報調査グループ 野塚

【水とサラダ油の分子構造の違いとマイク

めてこの記事を読まれる場合は、第1回目から順番に読まれることをお薦めします。)

2回では、水が極性分子であるため、誘電損 今回はその続きです。 失により加熱されることを解説しました。 うな現象が起こっているのでしょうか。第 に入れた場合、電子レンジの中ではどのよ 水やサラダ油を含んだ食品を電子レンジ

品に含まれる固体化したサラダ油が電子レ 帯に存在)。したがって、マイクロ波を当て は、マイクロ波の領域に誘電損失の最大が ラダ油などの無極性で水素結合がない液体 付近)を持つことがわかっていますが、サ領域に誘電損失の最大(水の場合は25G比 ニア; NH₃などがあります)、マイクロ波の れている水の温度が上昇しての熱伝導によ ンジで温まり液体化するのは、食品に含ま ありません(マイクロ波よりも高い周波数 ても、加熱されにくいことになります。食 水素結合がある場合(水 ; H₂Oの他にアンモ 誘電損失は、液体で水のような分子間に

る温度上昇が主体といえます。 しかし、固体化したサラダ油は、マイク

口

波での誘電損失は小さいですが、「0」で

があがり、液体になります。れます。この結果、固体化サラダ油の温度 り、オーブンの壁面の金属でも吸収された 波のエネルギーは固体化サラダ油に吸収さ りしますが)がありませんので、マイクロ サラダ油以外にマイクロ波を吸収する物質 はありません。固体化したサラダ油だけに マイクロ波を当てる場合には、固体化した (エネルギーの一部はマグネトロンに戻った

す。この結果、食品が炭化し、発煙、 品の温度が100℃を超えて上昇を続けま 品に含まれる水分が蒸発してなくなり、食 る場合に加熱時間を長くしすぎますと、 につながりますので注意が必要です。 このようなことから、食品を調理、 食

(電子レンジ内のマイクロ波の性質

と呼ばれています)し熱になりますが、大部 口波エネルギーの一部を吸収(ジュール損失 表面に電流が流れますので、 を通す物質(導体といいます)には、導体の 物質と相互作用するとき、金属などの電気 過、吸収の現象を起こします。マイクロ波が マイクロ波は、物質に当たると反射、 導体はマイク

> 子レンジでの食品加熱用の器に利用され、 陶器などはマイクロ波を透過するので、 質を応用して、電子レンジ室内やドアにス 水を含んだ食品はマイクロ波を効率よく吸 が外に漏れないようにしています。ガラス、 テンレスなどの金属を使用してマイクロ波 する程度は物質の種類により異なります。 りします。マイクロ波のエネルギーを吸収 波を透過、あるいはエネルギーを吸収した ない物質(絶縁体といいます) は、マイクロ 分のエネルギーを反射します。 金属などの導体がマイクロ波を反射する性 加熱されることとなります。 電気を通

【関連法規

法で2・45 G比±0・05 G比(24億5千 ±5千万比)と決められています。 電子レンジの使用周波数は、 日本の電 方 波

)参考文献:マイクロ波化学プロセス技 生活家電の基礎と製 (シーエムシー出版 (NHK出版 品 技 術 第 3 版

第3回

。 フ ブ

田田

臣竜

光也

今回初

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

電力設備の磁界規制導入について、いよいよ動きがありそうです。

経済産業省原子力安全・保安院では、平成20年6月に公表された電磁界WG報告書に記された政策提言を受け、電力設備への磁界規制を導入すべく省令の改正作業を進めていますが、平成22年12月8日の「第25回 電力安全小委員会」で、原子力安全・保安院電力安全課から、「電磁界の健康影響に関する規制の取組について ~ICNIRPの新しいガイドライン~」とする資料が配付されました。

本資料には、原子力安全・保安院の今後の取り組みとして、「電磁界WG報告書の提言を尊重し、引き続きICNIRPのガイドラインを規制に採りこむ。その際には、最新の科学的知見を規制に反映する観点から、改定ガイドラインの制限値(参考レベル)(200 μ T)を採り入れるよう、省令等改正作業を進める」ことが記されています。

今後の動向に注目です。 情報提供グループ 足立 浩一

JEIC NEWS No.13 2011 (平成23) 年2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/