

- 欧州では 2004 年の電磁場職業ばく露規制導入に関する欧州指令 (EU Directive) の施行期限が 2012 年となっている。今後欧州の電気事業においては、技術的な何らかの対応が必要となることが予想され、特にフランスにおいて積極的な事前検討が進められている。本調査では、電気事業を中心とする、電磁場評価の専門家より、欧州における規制導入への対応状況について聞き取りを行い、情報を入手した。主たる入手情報の概要は下記の通り。
- EU Directive では理念のみが書かれている。これを適用するための具体的な内容が記述された法律(legislation)が各国レベルで導入されることになる。欧州の電力業界では、EU Directive 適用に際しての Impact Assessment をするための欧州大でのコンソーシアムを立ち上げ検討を進めている。
- 電磁場の職業ばく露規制が導入された場合、電力会社で影響が予想される作業は活線作業である。送電線の活線作業を行っている国は世界でも限られており、それらはフランスとカナダである。特にフランスでは、活線作業を積極的に推進しており、労働者への電磁場ばく露に関する情報をすべてオープンにし、良好な関係を築き理解を得ている。安全の重要性は共通認識であり、欧州指令導入インパクトの徹底的な検討を行っている。
- フランスの電気事業では、EMF の基準値を考慮した活線作業の作業指針を作成している。この指針によれば、活線作業時、専用のクランプ電流計により活線の電流をモニターし、規定以上の電流値になったら作業を中止する。フランスの全送電設備について EU Directive 導入の影響を見積もった結果、working practice を変える必要があるのは 10%以下とわずかであることから、フランスの電気事業では、受入れ可能と判断している。

(4)米国 (別紙 1-5)

米国労働安全衛生局 (OSHA) を訪問し、聞き取り調査を行った結果から、米国の職場における電磁場の規制状況は次の通りであった。

米国では超低周波に関しては規制が無いということである。このため、事前に送付した質問に対する回答は得られなかった。訪問において、約 1 時間の意見交換の中で得られたポイントは以下のようなものである。

- 超低周波電磁場に関しては規制も無いので対策は考えていない
- 労働者からの超低周波電磁場に関するクレームはほとんど無い
- 労働者の電磁場ばく露に関する欧州指令は米国の規制等には何ら影響を与えない

- ・ 労働現場では ICNIRP 等の参考値を超えるばく露の可能性があることについて、労働者教育が必要かもしれない（これは日本からの情報提供により認識された見解）

一方、米国 OSHA のホームページには、非電離放射 (Non-ionizing Radiation) についての安全衛生についての技術的および規制に関する情報を提供するウェブサイトがある http://www.osha.gov/SLTC/radiation_nonionizing/index.html。超低周波 (ELF) 放射に関するウェブサイト <http://www.osha.gov/SLTC/elfradiation/standards.html> もその中に含まれ、情報提供を行っている。ここには「基準」、「健康影響」、「危険性のある場所および解決方法」、「ELF ばく露評価」、「ELF 安全プログラム」についての記載がある。これらの内容をごく簡単に以下にまとめる。

- 基準 (Standards) :
 - 超低周波電磁場に関する基準は無いが、一般的な労働安全衛生に関する原則が適用される、と記載している。
 - 労働安全衛生法 Section5(a)(1)にある一般的な使用者の義務が適用される。すなわち労働者に死あるいは重大な危害を与えるような職場であってはならないという原則である。また、Section5(a)(2)で、使用者はこの法律で規定している労働安全衛生基準を遵守すること、とある。英国の基準、ANSI、IEEE、ACGIHなどを参照するよう推奨している。
- 健康影響 (Health Effects) :
 - 参考となる文献として、カナダ政府のガイドライン (2005)、NRPB レビュー (2004)、NIEHS 報告書 (1999) AIHA ELF 白書などをあげている。
- 危険性のある場所および解決方法 (Hazard Locations and Solutions) :
 - ELF の発生源、ばく露低減方法などについて記載した文献を紹介している。
- ELF ばく露評価 (Evaluating ELF Exposure) :
 - 電磁場の測定 (特に職業性ばく露) について記載した文献を紹介している。
- ELF 安全プログラム (ELF Safety Programs) :
 - 安全対策について記載した文献を紹介している。

(5)カナダ (別紙 1-6~9)

カナダにおける職場環境の電磁場に関する規制状況については、カナダ保健省を訪問しての聞き取り調査により情報を得た。カナダの担当者は事前に送付した質問状にも詳しい回答があった。聞き取り調査と審問票による調査の結果を質問と回答の形式で以下に記す。

質問1: 電磁場(0-300GHz、特に超低周波 ELF)ばく露に関する法規制やガイドラインはあるか?

回答:

(A) 3 kHz-300 GHz の電磁場に関してのみ規制がある。カナダ連邦労働安全衛生法 第2部 非電離放射線 10 (26)(2)(a)で、1999年カナダ保健省から出されたいわゆるセイフティコード 6「3 kHz - 300 GHz のラジオ波電磁場へのばく露限界」を参照している。これには労働者および一般人の両者に対するばく露限界が含まれている。これは連邦政府機関で働いている人やカナダ労働法下で権限を持っている人に対する指導書及びガイダンスとして使用されている。セイフティコード 6 は何年にもわたり、工業省や人材および能力開発省(HRSD)の規制を通して、放送や通信に対するデファクトの基準となってきた。法的な規制はないものの、カナダの州ではセイフティコード 6 における連邦の勧告を採用している。カナダ保健省のウェブ(セイフティコード 6)は下記のとおりである。

<http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/radiation/99ehd-dhm237/index-eng.php>

カナダ連邦労働安全衛生法では、3kHz-300GHz 範囲のいくつかの装置に関して、付属セイフティコードを参照している。他のセイフティコードの詳細は下記のウェブを参照。

<http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/radiation/index-eng.php>

(B) 0-3 kHz の超低周波(ELF)に関する労働安全衛生の連邦法はない。商用周波数(60 Hz)については いわゆる連邦—州—放射線防護委員会—カナダが、送電線(60 Hz)の近くの一般人の影響に関する現状を発表した。一般的に基本的な注意事項が守られていれば「問題ない」といえる。この文書のウェブは下記のとおりである。

<http://www.bccdc.org/content.php?item=196>

送電線(60 Hz)からの放射問題に関して、カナダのいくつかの州では、高圧送電線下の電界に対して任意の基準を定めている。これらの基準は電力会社によって定められているが、州によって異なる。例えば、水力ケベックは右路端の地上1 mで2kV/m未滿の電界となるように設計基準を定めている。水力オンタリオおよびブリティッシュコロンビアのBC水力はそれぞれ3 kV/ および5 kV/m と定めている。送電線の電界強度基準の目的は、自動車やトラックなどの大きな金属に誘導される電界により電撃が起きないようにすることである。

予防原則 (Precautionary Principle)

カナダを含む多くの国が、超低周波ばく露にどのように適用するか、予防原則の必要性を考えている。いくつかの国では基準に予防原則を取り入れている。例えば、スイスではアパート、学校、病院、常設の職場、子供の遊び場などに ICNIRP の参考値を採用している。50・60 Hz では最大の電流値における限界値は1マイクロテスラ (10 ミリガウス) である。イタリアでは3マイクロテスラ (30 ミリガウス) である。カナダではカナダ保健省が「リスクについての科学に基づいた決定における予防策の適用に関する枠組み」というタイトルの文書を出している。これはカナダ保健省が超低周波領域における予防原則の一つとして科学的な文献を世界的な規模でチェックしているということである。

質問 2: 今後、法律策定の計画 (超低周波に関して) はあるか?

回答: 現在のところ計画はない。以下、簡単に労働安全衛生法の改正方法を説明する。すでに述べたように、カナダ保健省は一般人に対する世界中の電磁場の疫学研究をチェックしている。労働者は一般人の一部である。保健省で出しているセーフティコード 6 のようなセーフティコードやガイドラインは科学的な文献に基づいて定期的にチェックされ、更新されている。改訂版が出される前にカナダ保健省はカナダローヤルソサイアティに一般人を防護するのに十分かどうかについてコード (ここではセーフティコード 6) のチェックを依頼している。HRSDC の労働者プログラムは影響を受ける事業者と労働組合の合意を探り、更新された規制 (ここではセーフティコード 6) を参照するということになる。

質問 3: 電磁場も含む一般的な危険有害要因をカバーする条項はあるか?

回答: カナダ労働法 第 2 部、カナダ労働安全衛生法が以下のサイトにある。

<http://laws.justice.gc.ca/en/L-2/SOR-86-304/>

<http://laws.justice.gc.ca/en/L-2/>

第 10 部: 危険有害な化学物質、電離放射線および非電離放射線 10.26 には電磁場、核放射およびラドンへのばく露に対する規則がある。

HRSDC の労働者プログラムはセーフティコード、ラドン限界、保健省に届ける機器を含む第 10 部規則の改訂を行っている。

質問 4: 参照すべきガイドラインあるいは勧告はあるか?

回答： ブリティッシュコロンビアの労働安全衛生法の労働者災害補償条例が最も詳しくまた最近改訂されたものであろう。この労働安全衛生法 第7部にある騒音、振動、放射線、温度に関しては以下のサイトにある。

http://www.qp.gov.bc.ca/statreg/reg/W/WorkersComp/WorkComp296_97/296_97_05.htm

WC-BC の労働安全衛生法 の他の部分 (1-33) は同じウェブの最下段にある。

米国労働衛生専門家会議 (ACGIH)-2008 は、静磁場および超低周波に関してガイドラインおよびばく露限界値 を提供している (129 頁-131 頁)。ウェブは www.acgih.org である。

カナダ核安全管理法 (電離放射線) のウェブサイト：

<http://canadagazette.gc.ca/partII/2000/20000621/html/sor203-e.html>

質問 5： 強いばく露レベルが観察された時の対応どうするか？

回答： 取り得る対応は状況による。超低周波の場合には、セーフティコード 6 には含まれていないので、前述した予防原則が実施されるであろう。例えば、事務所の近くで大きな変圧器(60 Hz)から超低周波が放射された場合、事務所の位置を発生源から遠ざけるなどの勧告がなされる。

他の電磁場に関しては次のような一般的なコメントしかない。

HRSDC の労働者プログラム内の技術サービス部門 (回答者が所属) は技術を供与し、労働衛生工学部門は監査官を支援する。カナダ全体で、連邦法下で働く労働者 (公務員) 100 万人、4000 作業場に対し監査官は 160 人である。

放送や通信事業からの電磁場への過度のばく露を含め、カナダの労働安全衛生法への取り組みは、いわゆる“*internal responsibility system (内部責任システム)*”に拠っている。これは事業者の管理責任を認めたものである。これはまた労働者が職場を安全で健康的なものにすることに参加する権利も認めている。しかしこれは安全と健康のためにそれぞれの義務を定めたことでもある。このような規制の枠組みのなかで、監査官の役割は必要に応じて雇用者及び被雇用者が法を理解し、遵守し、監査し施行するのを助けることである。

施行に関しては雇用者、被雇用者の義務、処罰、違反および刑罰 (電磁場の過度ばく露も含む) に関するウェブを以下に示す。

<http://laws.justice.gc.ca/en/L-2/>

PART II : OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

Duties of Employers

Duties of Employees

Appeals of Decisions and Directions

Disciplinary Action Offences and Punishment

質問 6 : 規定された健康診断項目があるか？

回答 : 一般的なコメントのみ。

質問 2 への回答で述べたように、カナダ保健省では電磁場の生体影響に関して継続的に科学的な調査を行っている。現在、電磁場の疫学的研究結果には矛盾が多い。

例えば、最近欧州議会が電磁場ばく露による危険から労働者の安全と健康を守るために電磁場ガイドラインを採択したことが報じられている。例として、電磁場にアレルギー用の反応を起こす「電気高感受性」(EHS)がある。このガイドラインでは、できる限りばく露のリスクを低減あるいは除去することはもちろん、リスクアセスメントの実施および電磁場強度の計算は雇用者の責任であるとしている。しかしこれは現在のところ単に指令であり、欧州理事会は電磁場への労働者のばく露に関する規制の導入を2012年4月まで延期するとした。関連情報は以下のサイトにある。<http://www.ciop.pl/10522.html>、

<http://www.safeworkers.co.uk/exposure-emfs-electro-magnetic-fields-workplace.html>。

現在カナダ政府は連邦レベルにおいて、欧州議会と同様な職業性電磁場に関する法が無い。

HRSDC の労働者プログラムは、連邦法範囲で適用できる場合、カナダ保健省から出されている連邦労働安全衛生法の電磁場ガイドラインおよびセイフティコードを参照する。

質問 7 : 電磁場ばく露による健康障害予防のための労働者教育システムはあるか？

回答 : 全てのカナダ労働者が、電磁場ばく露も含め職業性の危険有害性について知るための権利を支援するために、連邦政府はカナダ労働安全衛生センター(CCOHS)を1978年に設立した。このセンターの使命は偏見のない清明な労働安全衛生に関する情報を提供することにある。センターはたくさんのデータベースや特定のテーマに関する文献へのアクセスを可能にしている。

センターは、連邦、州、準州からの16人の役人、11人の労働代表、11人の使用者代表の3者構成の理事会が運営する独立した政府機関である。運営資金はほとんどが規制者からのものであるが、いくらかのサービス及び製品による料金も含まれる。例えば、我々は毎年全ての法や政策等を含んだCD ROMを改訂し作成するための費用をセンターに支払っている。すべての監査官は携帯パソコンを持っており、CD ROMのコピーが彼らに渡される。

センターの情報は電話、ファックス、メール、インターネット等で得られる。インターネットアドレスは以下のとおり。<http://www.ccohs.ca>。

質問8：労働者の電磁場へのばく露レベルに関する監視システムはあるか？

回答：HRSDCの労働者プログラム統計研究・分析グループは、カナダ労働者災害補償委員会協会から、データに基づいて電磁場への過度ばく露による死傷者数について報告するよう求められている。この情報は入手次第日本に提供する予定である。ウェブサイトは以下のとおり。<http://www.awcbc.org/en/>

HRSDC労働者プログラムによる一般的な職業性傷害および疾病に関する情報は下記のサイトにある。

事業者の事故等年次報告

[カナダ連邦職員の職業性傷害 2001-2005](#)

[カナダ職業性傷害および疾病 1996 - 2005](#)

[よくある質問](#)

http://www.hrsdc.gc.ca/en/labour/workplace_health/index.shtml

カナダにおける労働、職業性傷害およびその費用 1993-1997, HRSDC/調査分析部門, 労働安全衛生, 労働部門

<http://www.oshforeveryone.org/ntnu/files/hrdc/oicc9397.pdf?noframe>

本テーマについての全カナダ公務員（連邦および州）に関する統計情報は下記にある。

Centre for the Study of Living Standards (CSLS)

111 Sparks Street, Suite 500

Ottawa, ON. K1P 5B5

613-233-8891, Fax 613-233-8250

ここから以下のような報告書が出ている（2006-04）。

“一日5人の死亡：カナダにおける業務上の死亡”

この報告書で、電磁場による死傷者数は“有害な化学物質および環境”あるいは“通信および他の施設”の中に含まれる。ウェブサイトは <http://www.csls.ca> である。

質問9： 電磁場ばく露による労働災害補償例はあるか？

回答： 質問8で回答した。情報を入手次第提供する。

以下に聞き取り調査を踏まえての補足情報を記す。

電磁場に関するセイフティコードは、セイフティコード6の他に、ラジオ波ばく露制限のための短波ジアテルミーのガイドライン（セイフティコード25, 1983年）と、磁気共鳴(MR)臨床システムからの電磁場ばく露に関するガイドライン（セイフティコード26）がある。MR装置に関するガイドラインにおいて、オペレータのばく露に関する記述は簡潔で、次の通りである。

「MRデバイスのオペレータは、労働時間内に連続的に0.01T以上の磁束密度にさらされるべきではない。これより高い磁束密度へのばく露は短時間のみ許容される（1時間あたり約10分間）。このようなばく露の、ばく露回数とばく露時間は最小限にすべきである。」

参照すべきものとして挙げられた、ブリティッシュコロンビアの労働安全衛生法の労働者災害補償条例の労働安全衛生法第7部の非電離放射に該当する部分は以下の通りである。

第3部 放射波(Radiation)のばく露

中略

ばく露限度値

7.19

(1) 労働者の電離放射へのばく露は以下のいずれをも超えてはならない

中略

(4) 雇用者は労働者の非電離放射へのばく露が以下に指定するばく露限度値を超えないことを補償しなければならない

(a) ラジオ波に対して

- (i) カナダ保健省セイフティコード 25 「ラジオ波ばく露制限のための短波ジアテルミーのガイドライン」、但し、適宜の修正に従う
- (ii) カナダ保健省セイフティコード 26 「磁気共鳴(MR)臨床システムからの電磁場ばく露に関するガイドライン」、但し、適宜の修正に従う
- (iii) カナダ保健省セイフティコード 6 「3 kHz - 300 GHz のラジオ波電磁場へのばく露限界」、但し、適宜の修正に従う

(b) レーザーに対して

以下略

機器の使用についての基準

7.23 電離放射、非電離放射、超音波エネルギーの放射をとまなう機器は、下記にしたがって設置、運転、保守をしなければならない

(a) 電離放射については

略

(b) ラジオ波については、

- (i) カナダ保健省セイフティコード 25 「ラジオ波ばく露制限のための短波ジアテルミーのガイドライン」、但し、適宜の修正に従う
- (ii) カナダ保健省セイフティコード 26 「磁気共鳴(MR)臨床システムからの電磁場ばく露に関するガイドライン」、但し、適宜の修正に従う
- (iii) カナダ保健省セイフティコード 6 「3 kHz - 300 GHz のラジオ波電磁場へのばく露限界」、但し、適宜の修正に従う

以下略

MR 装置についてのセイフティコードに示されたばく露限度値は静磁場についてのみであるのに、ラジオ波の項目に記載されている。なお、電離放射についてはモニタリングや安全衛生管理が多くの項目にわたって記載されているのに対し、電磁場については記載が

ない。

(6)韓国 (別紙 1-10)

韓国の低周波電磁場に関する規制状況については、文献的資料がないので、韓国電気研究院の Myung Song-Ho 博士からの聞き取り調査によって得た情報を要約する。

一般公衆に対して、2005年に架空送電線下の一般公衆に対する磁界規制値が導入された。規制値は ICNIRP ガイドライン値としている。その他の規制はない。

ICNIRP ガイドライン値との比較には、送電線電線に許容電流値の 50%の電流を流した場合に発生する磁界を用いているが、評価に用いる電流値に決まりはない。韓国では 50%を超えると送電線新設を考慮することになるためであるが、実際の運用で 50%に達することはまずない。それにもかかわらず、環境省は新設送電線に対しては許容電流値 (100%) による評価を要求している。

2005年の一般公衆に対する磁界規制値導入時に、職業者に対する規制値導入も検討されたが見送られた。その後、2008年11月に5年計画の第2次 EMF プロジェクトが開始された。架空送電線以外の電力機器に対する規制値や職業ばく露に関する規制値を導入することを視野に入れての検討が予定されている。職場環境については、韓国独自のガイドラインを作る予定である。磁場の大きさがガイドライン値を超える場合には、誘導電流による評価を行うべきであるが、実際には難しいので磁場の大きさによる規制のみになる見込みである。

参考文献

- 1) Council Directive 89/656/EEC of 30 November 1989 on the minimum health and safety requirements for the use by workers of personal protective equipment at the workplace (third individual directive within the meaning of Article 16 (1) of Directive 89/391/EEC) Official Journal L 393 , 30/12/1989 p. 0018 – 0028
- 2) Directive 2004/40/EC of the European parliament and of the council of 29 April 2004 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields)” 18th individual directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC (2004)
- 3) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields. Health Phys. 1998; 74:494-522.

- 4) COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL Brussels, 26.10.2007 COM(2007) 669 final 2007/0230 (COD). amending Directive 2004/40/EC on minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields)
- 5) DIRECTIVE 2008/46/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 April 2008. Official Journal of the European Union. L 114/88. 2008年4月26日.
- 6) Decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81. "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 101 del 30 aprile 2008 - Supplemento Ordinario n. 108

5. 電磁場ばく露の測定法と防護法

5.1 測定法の標準化について

測定の標準化については、国際機関である IEC に、「人体ばく露に関連する電界、磁界、電磁界の評価方法」についての専門委員会 TC106 が設置され、人体ばく露に関連する電磁場の評価方法標準化の作業が進められてきた。しかしながら、これまで公衆のばく露を対象とした規格作成が先行しており、職業ばく露の標準化の検討には至っていない。一方、本報告書 4.1 で述べたとおり、職業ばく露の欧州指令の適用が必須の欧州では、CENELEC において電磁場の職業ばく露についての標準化作業が精力的に進められている。

特に低周波における IEC における規格化の動向を以下に記し、職業ばく露の測定法の標準化について展望する。

(1) 基本規格

人体防護指針における評価量として、遵守すべき「基本制限」としての体内誘導電流と、これに対応する測定可能な電磁場の「参考レベル」の2種類があるが、TC106 の低周波における基本規格では、この2種類の物理量の評価に対応した規格化がすでになされており、他の特定発生源の規格において参照されることが意図されている。

(1-a) 電磁場の測定方法についての基本規格

電磁場の測定方法についての基本規格は TC106 が設立される以前の 1998 年に IEC61786 ¹⁾

として発行され、国内においても JIS（日本工業規格）化されている²⁾。すでに発行後 10 年が経過しており、メンテナンスサイクルと呼ばれる見直し作業が開始された。低周波電磁場の測定方法そのものについては、すでに確立された技術であることから、本規格では人体ばく露に関連した測定を行う際に特有の考慮すべき事項を中心に規定されている。対象周波数は 15 Hz～9 kHz であり、以下について記述されている。

用語の定義／電磁場測定器仕様の要求／校正手法／測定器の不確かさの要求事項／電磁場の一般的な特徴／測定器の動作原理／人体ばく露に関する測定手法

今後、電磁場の職業ばく露測定の標準化にあたっては、測定手法として本規格を引用することが望ましい。

(1-b) 体内誘導電流の計算方法についての基本規格³⁻⁵⁾

磁場発生源のごく近傍の磁場分布が一様ではない箇所での磁場ばく露評価（誘導電流で表された基本制限との比較）を、より簡易に実用的に行うことを意図して作成された。一様ではない磁場ばく露の指標として「結合係数」が導入され、この係数を磁場測定値に乗じて補正する手法が規定されている。職業ばく露においても、限度値を超える状況は磁場発生源のごく近傍であることが想定されることから、磁場の非一様性の考慮は重要となる。

(2) 特定発生源についての規格

特定発生源に対する電磁場評価に関する規格では、それぞれの電磁場発生源に対し、使用測定器（センサ）、機器の動作モード、測定距離と位置、測定方法・手順などが規定される。低周波領域の特定発生源として、家電製品、電力設備、鉄道などがあり、このうち家電機器からの磁場評価方法については規格が成立している。

(a-2) 家電製品の電磁場測定法

2005 年に発行された家電製品の磁場評価方法に関する規格 IEC62233⁶⁾では、家電製品（いわゆる白物家電）全般ならびに電動工具などが対象とされ、あらゆる機器ごとの磁場測定位置や動作モードが規定されている。多くの機器では「通常使用時の使用者が想定される位置」として 30 cm（製品端からセンサ端までの距離）が基本となっている。IH クッキングヒーター（電磁調理器）については、測定位置と測定条件が詳細に記されている。家電製品からの磁場は複数の周波数成分を有することが多く、人体防護指針との適合性評価がやや複雑になるが、測定方法についてもこれに対応した手法がとられ、人体防護指針の周波数特性に対応した周波数の重み付けを持つフィルタを介した「時間領域評価手法」が示されている。今後の職業ばく露の規格化においては、業務用の機器など特定の機器から発生する電磁場への職業ばく露の規格において、測定位置などの参考になるものと考えられる。

(b) 電力設備の電磁場測定法

特定発生源のうち、電力設備周辺の電磁場測定方法の国際規格化を目指した検討が、日本から

の提案により進められている⁷⁾。規格案では、電力設備近傍の非一様磁場の合理的かつ簡易な測定評価法を規定することに重点が置かれ、防護指針の参考レベルとの比較が可能となる、人体全体のばく露を代表できる測定点（地面からの距離や機器からの水平方向距離）を規定することを想定している。本規格で規定される電磁場測定法は、国内における公衆ばく露についての電力設備の磁場の規制導入の動向にも関連し、今後重要となることが予想される。電力設備の作業員に対する手法については、後述の CENELEC 規格 EN50499 による手法が簡便で合理的であると考えられるが、測定評価が必要な状況においては、本規格が有用となる。

(c) 鉄道の電磁場測定法

鉄道の電磁場測定法については、すでに欧州 CENELEC において先行して規格化されており⁸⁾、同規格をベースにした IEC 化の検討が進められている。特に複雑となる、鉄道の電磁場の測定条件の規定（車両の動作状況や測定位置など）については、今後の鉄道に関連する職業ばく露の電磁場測定においても有用となることが予想される

5.2 職場における電磁場評価法の欧州規格

(1) 経緯とスコープ

先に述べた人体防護指針を実際の電磁場ばく露状況に適用し、その適合性を評価するにあたっては、人体がばく露される電磁場を定量的に評価することが重要となり、そのための評価方法は標準的な手法によることが望ましい。このため、電気・電子技術分野の国際標準化の作業を担う IEC (International Electrotechnical Commission, 国際電気標準会議) では、「人体ばく露に関連する電場、磁場、電磁場の評価方法」についての専門委員会 TC106 (TC: Technical Committee) を 1999 年に設置し、以来、人体ばく露に関連する低周波電磁場の評価方法標準化の作業が進められてきた⁹⁾。並行して、欧州における電気標準を担う CENELEC (欧州電気標準化委員会, European Committee for Electrotechnical Standardization) においては、専門委員会 TC106X (人体環境における電磁場) が組織され検討が進められている。特に、職業的な電磁場ばく露についての標準化については CENELEC での検討が IEC に先行しており、すでに、欧州規格 EN50499 (労働者の電磁場ばく露評価手順) として、2008 年 12 月に発行された¹⁰⁾。本規格では、前述の労働者の電磁場ばく露制限に関する欧州指令¹¹⁾に記されたばく露限度値およびアクション値を遵守していることの証明を目的として、職場における電磁場ばく露評価の標準手法を定めている。

本規格のスコープ (適用範囲) として、「欧州指令に記されたばく露限度値およびアクション値 (電磁場の値) に適合していることを証明することを目的として、職場における労働者の電場・磁場・電磁場のばく露評価を行うための一般的手順を定めること」と記されている。本規格の目的として、「適合性評価において最初におこなう作業手順を示すこと」、および「より詳細な電磁

場ばく露のリスク評価を行う必要があるかどうかの判断基準を示すこと」の2つが挙げられている。対象周波数は、0 Hz～300 Hz である。詳細については、資料 F に全文訳を示すが、以下にその概略を述べる。

(2) ばく露評価手順

本規格に示された、電磁場職業ばく露の評価手順を図 5.1 に示す。評価の最初の手順は、職場にある電気機器を把握することであり、多くの職場では、公衆のばく露限度値以下のレベルの電磁場しか発生しない電気機器のみ存在する。この場合、詳細な評価をするまでもなく、その職場は本規格を満たすとみなされる。これらの評価除外対象の電気機器の一覧が示されており、例として、以下のものが含まれる。

欧州 EMF 規格を用いて評価済みの機器、照明機器、コンピュータ・IT 機器、オフィス機器、携帯電話、時間平均放射電力 20 mW 以下の双方向無線機器、持ち運び可能な加熱機器（誘導加熱、誘電加熱機器は除外）職場における給電系統や職場を通過する送配電線（資料 F の表 1 を満たす場合）、家電機器（業務用調理機器も含まれるが、業務用誘導調理器は除外され、詳細な評価が必要）、基地局アンテナ（公衆ばく露限度値に関連する安全距離が確保される場合）

また、詳細な評価が要求される可能性のある機器の例として、以下が挙げられている。

業務用電気分解、電気溶接・融解、誘導加熱、誘電加熱、誘電融解、業務用磁化・消磁器、電気鉄道・トラム、業務用マイクロ波加熱、基地局アンテナ（公衆ばく露限度値に関連する安全距離より近づく場合）、資料 F の表 1 を満たさない給電系統や職場を通過する送配電線

詳細な評価の手法については、特定の規格の利用が推奨され（放送局、医療用 MRI 装置、発電所、変電所、配電線、電気鉄道、電気分解など）、また、アクション値との比較の方法、ばく露限度値との比較の方法の一般論について示されている。また、給電系統や職場を通過する送配電線については、付録において詳細な評価手法が示されている（以下に概要を述べる）。

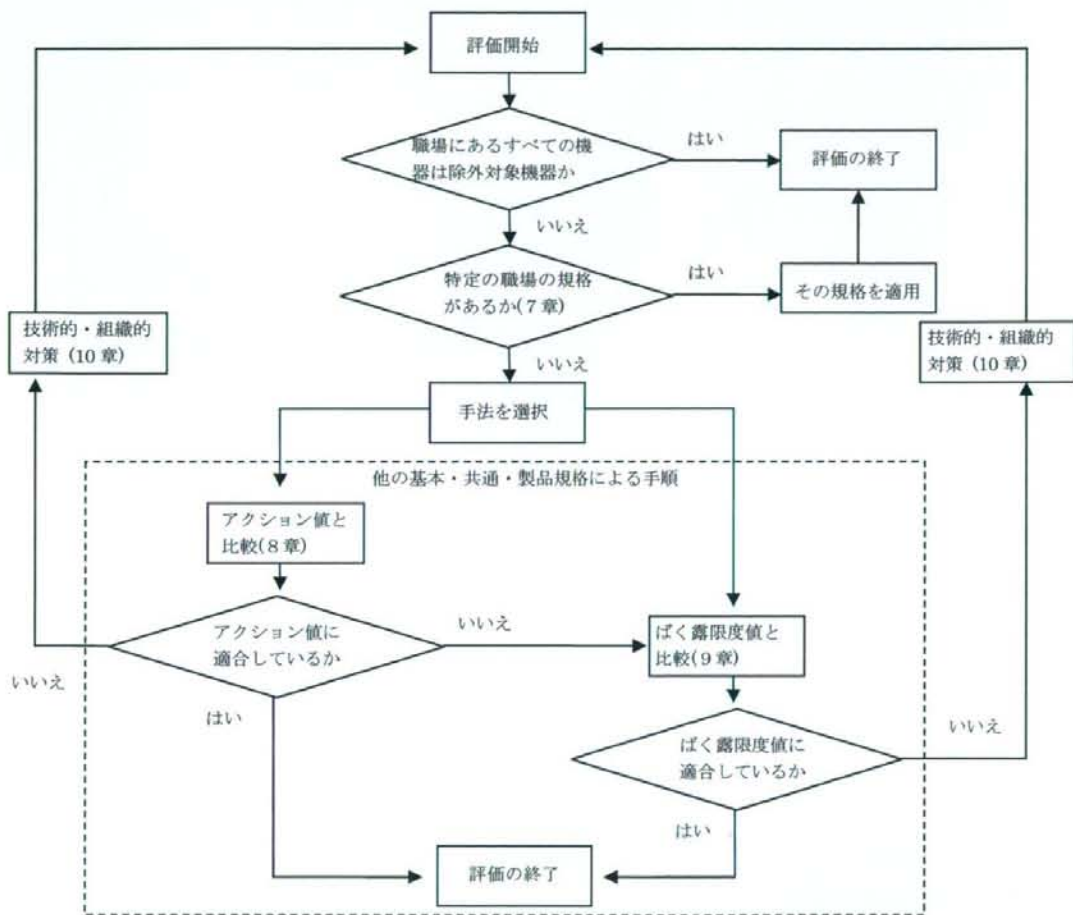
(3) 給電系統や職場を通過する送配電線の評価方法

磁場発生源として単線電流 I (A)を仮定したとき、その電流路から距離 D (m)離れた位置における磁束密度 B (μ T)は、

$$B = 0.2 I / D$$

と表されることから、アクション値を満たす電流の大きさと最小距離の関係を導くことができ、これが示されている。たとえば、500 A の電流は距離 0.2 m の位置においてアクション値に相当する磁場を発生させる。

一方、発生源の近傍では磁場が不均一であり、Dimbylow らの体内誘導電流数値計算結果¹²⁾に基づき、「500 A 以下の電流に対しては、誘導電流密度で示されたばく露限度値は最接近時も満たされている」としており、500 A 以下の電力線に対しては常に適合するものとしている。一方、本手法が適用できず、詳細な評価が必要な例として、金属性筐体のない大容量変圧器、大電流空心リアクター、および高出力発電機の巻線端部の近傍などを挙げている。



注：限度値に適合させるために、上記手順のどの段階においても、ばく露を減らす追加の手段を用いて良い

図 5.1 CENELEC 規格 EN50499¹⁰⁾における電磁場職業ばく露評価手順。
図中の章は、同規格の和訳である資料 F の章番号を表す。

5.3 防護対策

電磁場ばく露の防護対策として、5.2 で述べた CENELEC 規格 EN50499¹⁰⁾では、以下が挙げられている。

- (a) 電磁場へのばく露がより少なくなるような代替の作業方法への変更
- (b) 使用機器について、電磁場の発生がより少ない機器の選択
- (c) 遮へいなど電磁場放射を低減するための技術的対策
- (d) 電磁場ばく露を低減する、職場の適切な設計・レイアウト
- (e) ばく露の制限（ゾーン化、立ち入り制限など）
- (f) 適切な个人防护器具の利用

このうち、電磁場の遮へい等低減方策の技術的な検討が多くなされており、以下に概要を述べるが、一般に、特に低周波の磁場の低減は困難であることが知られている。

電磁場の低減方策は、影響を受ける側（人体）での対策と、電磁場の発生源側での対策に二分できる。低周波磁場の低減については、影響を受ける側での対策として高透磁率材料で囲む手法があり、人体への効果的な適用は現実的ではないが、けい素鋼板やパーマロイなどの高透磁率材料を用いた磁気シールド体の適用があり、また加工が容易な微結晶高透磁率材料の薄帯（リボン）も市販されており、防護服の製作も可能となっている（高周波の電場シールドについては防護服の適用例がある）。また、アクティブシールディングと呼ばれる、存在する磁場を打ち消すような磁場を人工的に発生させ、磁場を低減する手法がある。

一方、電磁場の発生源に対して低減方策を施すことができれば、周囲の広範囲にわたり低減効果が得られるため、より効果的である。電場のシールドは接地された金属による遮へい体により容易に低減がなされるのに対し、磁場については、発生源に対し適用可能な低減方策は限られるが以下のようなものがある。

(1) 発生源に対する磁気シールド材の適用

磁場発生源を取り囲むように磁気シールド材を配置させることにより、周囲の磁場を低減させることができる。電気機器（ボックス状）や電力の配線・ケーブル（円筒形状など）に対して適用することが可能である。

(2) 電力線の相配列／位相条件の変更

電力線に対して適用可能な方策で、3相または往復電流路の相配列や位相条件を変えることにより、周辺磁場の距離減衰を改善できることがある。また、導体間の距離を狭めることによって、周囲の磁場が低減できる。また、機器内部などの配線のレイアウトを変更することにより周辺の磁場が低減できることがある。

(3) アクティブシールディング

影響を受ける側での適用が行われるアクティブシールディングの手法は、発生源に対しても適

用できることがある。試験レベルであるが、スウェーデンや米国では実送電線への適用例がある。

参考文献

- 1) IEC: "Measurement of low-frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings – Special requirements for instruments and guidance for measurements", IEC 61786 (1998-08)
- 2) JIS : 「人体ばく露を考慮した低周波磁界及び電界の測定－測定器の特別要求事項および測定の手引き」, JIS C 1919 (2004)
- 3) IEC: "Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range – Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body – Part 1: General", IEC 62226-1 (2004-11)
- 4) IEC: "Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range - Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body – Part 2-1: Exposure to magnetic fields - 2D models", IEC 62226-2-1 (2004-11)
- 5) IEC: "Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range – Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body – Part 3-1: Exposure to electric fields – Analytical and 2D models", IEC 62226-3-1 (2007-05)
- 6) IEC: "Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure", IEC 62233 (2005-10)
- 7) 水野 : 「環境電磁界」, 平成 20 年電気学会全国大会シンポジウム H1-2 (2008)
- 8) CENELEC: "Measurement procedures of magnetic field levels generated by electronic and electrical apparatus in the railway environment with respect to human exposure", EN50500 (2008)
- 9) 富田・多氣 : 「生体影響のための電磁場計測(TC106)の経緯」, 電気学会電磁環境研究会 EMC-02-5 (2002)
- 10) CENELEC: "Procedure for the assessment of the exposure of workers to electromagnetic fields", European Standard EN 50499 (2008)
- 11) Directive 2004/40/EC of the European parliament and of the council of 29 April 2004 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields)" 18th individual directive

within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC (2004)

- 12) P.J. Dimbylow: "Development of the female voxel phantom, NAOMI and its application to calculations of induced current densities and electric fields from applied low frequency magnetic and electric fields", *Physics in Medicine and Biology*, vol.50, pp.1047-1070 (2005)

D. 考察

(1) 職場における電磁場環境の実態について

わが国で平成 9～14 年度に実施された電磁場曝露調査(3.1 参照)は、大電力の電磁場源を利用するさまざまな業界の職場環境を測定対象とした、貴重な実測データである。このデータから、いくつかの職場において、ICNIRP の参考レベル、すなわち、欧州指令によるアクション値を超える電場、磁場が検出されている。この結果は、NRPB の報告書(3.2 および資料 A 参照)と一貫している。ICNIRP 指針の参考レベルは、局所的にこのレベルを超える電磁場が測定されても、遵守すべき曝露限界値である基本制限を超えるとは限らない。欧州指令の電磁場リスク評価の具体的手順を示した欧州規格 EN50499(資料 F 参照)では、アクション値を超えた場合には、曝露限度値に関する詳細な評価を行い、これを超えないことを示すことが求められている。

NRPB の報告書は、電磁場環境の調査の結果、参考レベルを超える事例があるものの、基本制限を超えない場合が多いとしている。その理由として、第一に参考レベルと比較する電磁場の測定値は、局所の値ではなく、人体の占める空間の平均値との比較を意図したものであることを挙げている。わが国の測定結果を含め、実測結果では空間平均を考慮していない。特に強い電磁場が検出される設備・機器は、局所的にのみ強い電磁場を放出している場合が多い。第二の理由として、ICNIRP 指針では、100kHz 以下の電磁場の指針値は、頭部と胴体の曝露に対して適用されることを意図しており、上下肢は対象ではない点である。これらを考慮した場合に、多くの事例で基本制限を超えないと推定している。

NRPB の報告書では、100kHz 以上の電磁場で、時間平均(6 分間)が適用できることから、短時間の曝露では問題がないという記述がある(資料 A-42 頁)。しかし、これは誤認である。100kHz 以上で、熱作用を根拠にした指針値は 6 分間の平均値に対して適用されるが、100kHz 以上でも、10MHz 以下では刺激作用を考慮した制限も同時に課されており、この制限には時間平均が許されていない。人体組織の導電率を考慮すると、刺激作用に基づく制限は、熱作用に基づく指針値より強い制約になる。すなわち、時間平均値が適用される

のは、事実上は 10MHz 以上の波源に限られることに注意しなければならない。

基本制限との比較については、5 章で述べたように、測定法の標準化が進んでいる。職場における電磁場評価法に関する欧州規格 EN50499 では、人体曝露に関する電磁場評価の個別の事項に関しては、TC106X が審議してきた欧州規格に従って評価を行うこととされている。しかし、その評価は必ずしも容易なものではない。

国際標準規格として、国際電気標準会議 IEC でも第 106 技術委員会 (TC106)「人体ばく露に関する電界、磁界、電磁界の評価方法」において、規格制定が進められている。個別の評価方法については、欧州規格と整合しながら標準化が進んでいる (5.1 参照)。しかし、EN50499 に対応する、職場環境の測定法の一般的な手順については、現在のところ審議の対象に含まれていない。職場環境を対象とした、基本制限の評価方法について、具体的な経験を積み重ねて、過度に煩雑でない、適切な方法を開発し、今後の標準化に備えることが必要である。

(2) 欧州指令 2004/40/EC の動向とわが国の対応

欧州電磁場リスク指令 2004/40/EC(資料 B 参照)は、枠組み指令 89/391/EEC の求める個別指令として、振動、騒音に続いて発行されたものである。しかし、職場環境の実態と合理的に整合させることの困難が指摘され、国内法に転換して規制を実施するための法律制定期限が 2012 年 4 月 30 日まで、当初の予定より 4 年間延期されることが決定された。本報告では、この状況と背景について、特に重点的に調査を行った。

枠組み指令は、業務上の曝露の短期的有害性に対する最低要求事項を定めたものである。これに対して、電磁場の曝露限度値の根拠となっている ICNIRP 指針は、比較的慎重な限度値設定であり、職場でのリスクの認知と必ずしも整合していない。静磁場のガイドラインについては、MRI を用いた医療従事者の意見(資料 D 参照)と一部整合する方向に、ICNIRP 指針が改定された。現在、低周波電磁場のガイドラインが見直されている段階であるが、職場での実情と整合する方向の改定が行われるかどうかは明らかでない。

米国の IEEE/ICES 規格(2.2 参照)では、職場での電磁場曝露の制限値を純粋に短期的な作用に限定して定めている。このため、制限値は ICNIRP に比べて相当に緩和されている。IEEE/ICES の規格は、1950 年代に審議された米国軍人の職業安全のための規格がルーツである。したがって、短期的な作用に対する最低要求事項であるという立場が徹底されている。

一般公衆の電磁場環境については、居住環境での送電線などからの超低周波電磁場や携帯電話などの無線通信による高周波電磁場環境に関して現在多くの議論があり、非常に多くの研究が行われている。これらの研究の結果、健康リスクの証拠が見つからない状況で