

電気鉄道による低周波電磁界と規格・ガイドライン

電力技術研究部
部長 奥井 明伸

1. はじめに

近年、電磁環境についての社会的な関心が高くなっており、既に国際機関等においては人体防護を中心にガイドラインや規格等が発行されている。国内では、2011年に経済産業省の「電気設備に関する技術基準を定める省令」およびその解釈基準等で磁界に対する規制値が定められた他、国土交通省の「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」およびその解釈基準等においても規制が計画されている。こうしたことを背景に、事業者等においても電気設備から発生する電磁界、特に低減が困難な磁界の予測手法や評価手法についての検討が進められており、測定法については規格化も検討されている。本稿では、電気鉄道の地上用電力設備から発生する低周波電磁界に焦点をあて、規制や規格・ガイドラインについて概説する。

2. 電界と磁界⁽¹⁾

「電界」と「磁界」という言葉は、総称して「電磁界」という言葉で表現されることが多いが、「電界」が電荷の存在（電圧）にのみ関連するのに対し、「磁界」は電荷の物理的運動（電流）によって生じる。電界の大きさを表す物理量としては一般に電界強度（V/m）が用いられ、磁界の大きさを表す物理量としては磁束密度（T：テスラ）が用いられる。周波数が高くなると、電界と磁界が相互に作用し合いながら波となって伝わるようになるが、この波のことを一般に「電磁波（電波）」と呼ぶ。電磁波は、マクスウエルの方程式によって表現されるように、電界と磁界が相互に作用し合いながら波となって伝わる現象であるのに対し、周波数が低くなるにしたがって波としての性質が無視できるほど小さくなり、電界と磁界は独立して存在するようになる。電磁波は発生源から離れて空間を輻射波として伝わるのに対し、電磁界は輻射波のような形で空間を伝播することはない。

鉄道用電力設備では、主たる磁界発生源は電線路であるため、ビオ・サバルの法則を基本に計算を行うのが実用的である。例えば、図1において無限長の電線路に流れる電流 I_i によって生じる磁束密度 B は、電流 I_i を中心とする半径 r_i の円に接するベクトル量で表すことができ、向きは電流方向を正とする右ネジの方向にしたがう。磁束密度の大きさは(1)式のように表され、電流 I_i に比例し距離（半径） r_i に反比例する。

$$B \approx \frac{\mu_0 I_i}{2\pi r_i} \dots\dots\dots(1)$$

変電所構内の架線やケーブル、電車線等については、有限長または無限長の電線路の集合と考え、個々の電線路を流れる電流によって発生する磁束密度をビオ・サバルの法則に基づいて計算し、それらをベクトル量として加算することで目的の磁束密度を求めることができる。

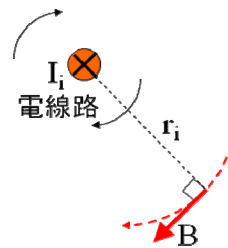


図1 電線路の周辺に発生する磁界

3. 電磁界の影響と規制・ガイドライン

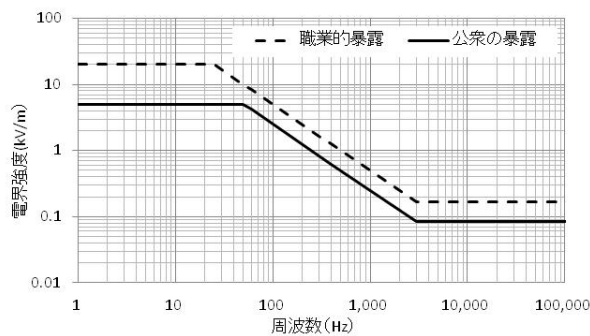
健康への影響という観点から電磁界が認知されるようになった事例の一つとして、1973年米国ニューヨーク州で起きた、超高圧送電線建設プロジェクトに反対する住民からの訴訟があげられる。このときの和解条件として電界に対する規制値が示された他、調査研究の実施が提起されている。その後、1992年にスウェーデンのカロリンスカ研究所が、1960年～1985年までのスウェーデン国内のデータの解析結果から、送電線近傍に住む子供の小児白血病の発症に係わる研究結果を公表したことで、電磁界の健康影響問題が各種メディアで取り上げられるようになった。こうした出来事を境に、電磁界が社会問題の一つとして一般の人々の間に認知されるようになってるとともに、各国政府や国際機関では、電磁界問題に対処する必要に迫られるようになった⁽²⁾。

電磁界が人体に与える影響は、一般に「短期的影響」と「長期的影響」に分けられる。強い電磁界に暴露された時に瞬時に起こる影響を「短期的影響」と呼ぶが、強い電磁界を浴びた場合、その影響で神経や筋肉の活動が妨げられる他、さらに強い電磁界では、心臓の働きに影響が及ぶ。そして、この短期的影響以外の影響を総称して「長期的影響」というが、前述のカロリンスカ研究所の研究結果はこれに該当するもので、弱い電磁界を長期間浴びた場合において生じる健康影響を指す。なお、居住環境における電磁界の長期間暴露と小児白血病の発症増加との関連について、世界保健機関（WHO）は因果関係と見なせるほどには強くないと結論づけており、また、仮に電磁界暴露と小児白血病との間に因果関係があった場合でも、公衆衛生上の影響は小さいとしている。さらに疫学研究で示される低い暴露レベルの規制値の採用については、WHOは否定的な見解を示している。

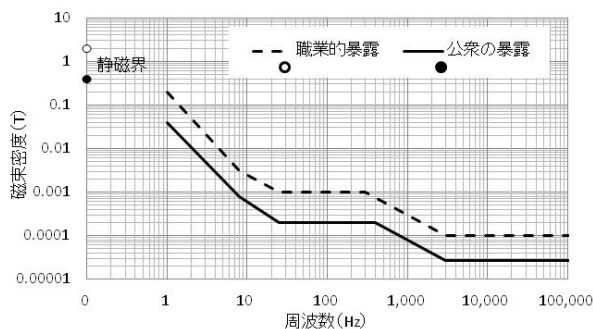
WHOによる疫学的研究および生物学的研究をはじめとする調査等に基づいて、国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）では、「時間変化する電界、磁界及び電磁界による曝露を制限するためのガイドライン（300 GHz まで）」を1998年に公開し、短期的影響に対する各周波数帯域における電磁界の基本制限と参考レベルを示した。ICNIRP ガイドラインでは、短期的影響に対して確立された健康影響と直接関連付けられる物理量（1つまたは複数）に基づく曝露の制限値を基本制限と呼び、身体内電界強度で評価している。しかしながら、身体内電界強度は評価が困難であるため、実用的な曝露評価のため、参考レベルが与えられている⁽²⁾。

また、1994年に示された静磁界のガイドラインは、2009年に「静磁界の曝露限度値に関するガイドライン⁽³⁾」として改訂された他、時間変化する電磁界のガイドラインについても2010年に「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（1 Hz～100 kHz まで）⁽⁴⁾」として改定が行われている（図2）。

一方、健康影響に対する我が国の電磁界の規制として、経済産業省（通商産業省）は「電気設備に関する技術基準を定める省令（1965年6月制定）」の中で「架空電線路からの静電誘導又は電磁誘導による感電の防止」を目的として、1976年10



(a)電界強度



(b)磁束密度

図2 電磁界曝露に対する参考レベル⁽³⁾⁽⁴⁾

月の改正に際し、特別高圧の架空電線路下における電界強度の許容限度（地上高さ 1m）を 3kV/m（30V/cm）以下と定めた。また、総務省（旧郵政省）は、電波の人体への影響に関して 1990 年 6 月に電気通信技術審議会から諮問第 38 号「電波利用における人体の防護指針」の答申を受け、人体に影響を及ぼさない電波の強さの指針値等（電波防護指針）を示している。さらに、総務省は、電波防護指針を制度化するため、1999 年 10 月に電波法施行規則、2002 年 6 月に無線設備規則で規制を行っている。

2007 年に、経済産業省原子力安全・保安院は、総合資源エネルギー調査会／原子力安全・保安部会／電力安全小委員会内に「電力設備電磁界対策ワーキンググループ」を設置し、6 回の審議の後、報告書を公開するとともに中立的な常設の電磁界情報センター機能の構築が必要であることを提言した。これを受け、2008 年 7 月には財団法人電気安全環境研究所 (JET) に電磁界情報センター⁽²⁾が設置された。

さらに、2011 年に経済産業省は、電力設備から発生する磁界（商用周波数）に係る規制の導入等のために「電気設備に関する技術基準を定める省令」およびその解釈規準の一部を改正する旨を官報およびホームページに掲載し（公布 平成 23 年 3 月 31 日、施行 平成 23 年 10 月 1 日）、変電所や送電線近傍の磁束密度の制限値を 200 μ T 以下とすることを示した。解釈規準等においては、測定器については日本工業規格 JIS C 1910（2004）に準拠したものが推奨されるとともに、測定法については国際規格 IEC62110 に準じて測定することが示されている（表 1）。これとほぼ同時期に、国土交通省では「鉄道に関する技術上の規準を定める省令」の一部を改訂し、鉄道の電気設備からの電磁誘導作用（商用周波数）による公衆の健康影響の防止に関して規定の整備を計画しており、今後、施行にあたっての具体的な検討が行われる予定である。

表 1 公衆の健康影響に関する日本の電磁界規制

監督省庁		国土交通省	経済産業省
省令名		「鉄道に関する技術上の規準を定める省令」およびその解釈規準等	「電気設備に関する技術基準を定める省令」およびその解釈規準等
規制の対象		<ul style="list-style-type: none"> ・変電所等 ・変電所等以外の場所に施設する電気機器（変圧器、開閉器） ・配電盤その他これに類する機器 ・変電所等以外の場所に施設する電線路（プラットフォーム、踏切、跨線橋を含む） 	<ul style="list-style-type: none"> ・変電所又は開閉所 ・発電所、変電所、開閉所及び需要場所以外の場所に施設する変圧器、開閉器及び分岐装置 ・発電所、変電所、開閉所及び需要場所以外の場所に施設する電線路
規制値	電界	規制値無し	（【特別高圧架空電線路のみが対象】商用周波数において地上高さ1m地点で3kV/m以下）
	磁界	商用周波数において200 μ T以下	商用周波数において200 μ T以下
測定	測定器	日本工業規格 JIS C 1910(2004)	日本工業規格 JIS C 1910(2004)
	測定法	IEC62597(TS)に準拠	IEC62110に準拠

4. 低周波電磁界の測定法に関する規格

人体曝露評価を目的とした、電力設備における電磁界の測定法に係わる規格が、国際電気標準会議 (IEC) の TC106 委員会で検討され、2009 年に IEC 62110 ed1.0 “Electric and magnetic field levels generated by AC power systems - Measurement procedures with regard to public exposure⁽⁵⁾” として発行された。表 2 に示すように、本規格の対象とするのは、送電線、配電線、変電所など一般の電力設備の発生する電界・磁界で、対象周波数は商用周波数のみである。測定箇所については、一様な電磁

界と非一様な電磁界の取扱いについて詳細な検討がなされ、測定手法が提示されている。

鉄道電気設備についても、電磁界の測定法に係わる規格化は国際電気標準会議（IEC）の TC9 委員会で検討され、2010 年に IEC/TS 62597 “Measurement procedures of magnetic field levels generated by electronic and electrical apparatus in the railway environment with respect to human exposure,⁽⁶⁾” として提示された（未発行）。本規格の対象とするのは、交流電気設備、直流電気設備、車両などの発生する磁界で、対象周波数は、DC～1Hz と 5Hz～20kHz である。IEC 62110 と類似しているが、測定の手法や非一様磁界に対する考え方で相違がある他、鉄道に特化される踏切やプラットフォーム上の測定法についても規程がある。

表 2 IEC 62110 と IEC/TS 62597 との比較⁽⁵⁾⁽⁶⁾

	IEC 62110	IEC/TS 62597
発行状態	2009 年 8 月 31 日発行	2011 年 10 月 18 日発行
暴露対象	一般公衆	一般公衆、労働者（運転士、列車乗務員および鉄道環境で働く全ての人）
対象設備	交流電力設備	交流電気設備、直流電気設備、車両
評価対象	電界、磁界	磁界
対象周波数域	商用周波数、AC50, 60Hz	DC ～ 1 Hz, 5 Hz ～ 20 kHz
測定機器	IEC61786 に適合する機器または、その他の標準規格に適合する機器	関連規則で定義されている要求事項を満たすもの（磁界プローブは IEC 61786 に適合することが望ましい）
参照ガイドライン	ICNIRP、IEEE、各国のガイドライン	ICNIRP、IEEE

5. まとめ

以上、鉄道において発生する低周波電磁界が公衆の健康に与える影響を防止する目的で整備が進められているガイドラインや規制等について述べた。人体に対する電磁界の影響は、省令等が対象とする短期的影響以外にも長期的影響があり、これについては、いまだ科学的な結論が得られていない。こうした状況下においては、省令等に定められた規制値を満足するだけでは十分でない場合があり、電磁界に関する科学的な情報をわ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を通じて、電磁界の健康影響に関する関係者間の認知の隔たりを埋める努力が必要である。

参考文献

- (1)奥井、小西、森田：電気鉄道用変電所の低周波磁界の計算法と測定法，鉄道と電気技術，Vol.21，No.4，鉄道電気技術協会，2010.
- (2)電磁界情報センター：ホームページ
- (3)国際非電離放射線防護委員会：静磁界の曝露限度値に関するガイドライン，2009.
- (4)国際非電離放射線防護委員会：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（1 Hz から 100 kHz まで），2010.
- (5)IEC 62110 ed1.0：“Electric and magnetic field levels generated by AC power systems - Measurement procedures with regard to public exposure”，2009.
- (6)IEC/TS 62597 Ed. 1.0 b:2011：“Measurement procedures of magnetic field levels generated by electronic and electrical apparatus in the railway environment with respect to human exposure