

平成24年度
リニア中央新幹線に係る適切な環境影響審査のあり方
に関する調査検討業務

報告書

平成25年3月

株式会社プレック研究所

平成24年度リニア中央新幹線に係る適切な環境影響審査のあり方に関する調査検討業務

報告書

| | |
|---|------------|
| 第1章 業務概要 | 1 |
| 1.1 業務の目的 | 1 |
| 1.2 業務の内容 | 1 |
| 第2章 電磁界を対象とした環境影響評価 | 4 |
| 2.1 電磁界に関する一般的な情報 | 4 |
| 2.2 電磁界を対象とした環境影響評価の事例..... | 7 |
| 第3章 リニアから発生する電磁界の特性の把握 | 14 |
| 3.1 磁気浮上式鉄道から発生する電磁界について | 14 |
| 第4章 電磁界の人への健康影響の把握 | 29 |
| 4.1 収集資料..... | 29 |
| 4.2 要約..... | 30 |
| 4.3 専門家へのヒアリング | 37 |
| 第5章 電磁界に係る規制等の動向把握 | 48 |
| 5.1 国内における規制状況 | 48 |
| 5.2 海外における規制状況 | 56 |
| 5.3 専門家へのヒアリング | 67 |
| 第6章 電磁界に対する防護対策 | 70 |
| 6.1 収集資料..... | 70 |
| 6.2 防護対策の概要..... | 70 |
| 第7章 地方自治体の審査の動向把握 | 77 |
| 7.1 環境影響審査における電磁界への対応状況について..... | 77 |
| 7.2 電磁界に係る環境影響審査において問題となっている事項について..... | 82 |
| 7.3 リニアの環境影響審査（電磁界以外）の状況について | 83 |
| 第8章 環境影響審査の観点に関する検討 | 85 |
| 8.1 電磁界に係る影響要因..... | 85 |
| 8.2 想定される影響（評価の観点） | 85 |
| 8.3 整合を図るべき基準・目標..... | 86 |
| 8.4 影響の回避・低減の考え方 | 87 |
| 第9章 沿線自治体説明会の開催 | 88 |
| 9.1 開催概要..... | 88 |
| 9.2 説明資料..... | 89 |
| 参考資料 | 109 |

電磁界に関する用語集

本報告書中で用いる電磁界に関する用語の定義は以下のとおりとする。

磁界

空間に磁気力が働いている状態のことをいう。磁界は磁石の周りや電流が流れている導体の周りに発生する。

電界

空間に電気が働いている状態のことをいう。電線などの導体に電圧がかかると、そのまわりに電界が発生する。

電磁界

電界と磁界を総称して電磁界と呼ぶ。

電磁波

電界と磁界が一定の大きさを保ちつつ相伴って空間を進む、波の性質を持つ電磁界をいう。

電波

300万 MHz 以下の周波数の電磁波をいう。(電波法第2条の1の定義)

無線周波電磁界

3 kHz ~ 300 GHz の範囲の周波数をもつ電磁界。RF (Radiofrequency)

高周波電磁界

無線周波電磁界の別の呼び方。

中間周波電磁界

300Hz ~ 10MHz の範囲の周波数をもつ電磁界。IF (Intermediate frequency)

超低周波電磁界

1Hz ~ 300Hz の範囲の周波数をもつ電磁界。ELF (Extremely Low-Frequency)

静電磁界

周波数が0Hzで強さが時間的に変化しない電磁界をいう。時間変動のない磁界を静磁界、時間変動のない電界を静電界という。

商用周波電磁界

電力設備に用いられる 50Hz ~ 60Hz の周波数をもつ電磁界。

直流磁界

直流電流が流れると発生する静磁界をいい、時間変動のない静磁界と同じものをさす。

交流磁界

交流電流が流れると発生する時間変動する磁界を交流磁界という。

刺激作用

電磁界の曝露による体内誘導電位により抹消神経系が刺激される作用。網膜に生じる閃光現象などが知られている。

熱作用

100kHz を超える電磁界(中間周波及び高周波)に生物が曝露されると、電磁界のエネ

ルギーが吸収され、生体組織を構成する分子のうち極性を持つ水分子やたんぱく質などが振動し、温度が上昇する現象をいう。

急性影響

強い電磁界に曝露した際に健康影響を生じる急性の生物学的影響をいう。

慢性影響

弱い電磁界に日常的に曝露した場合の影響をいう。急性影響を生じないレベルの電磁界の曝露と健康影響との因果関係は科学的に解明されていない。

電界強度

電界が点電荷に及ぼす力をその電荷で割った値。電界強度はニュートン/クーロン(N/C)またはボルト/メートル(V/m)で表わされる。

磁束密度

運動中の単一または複数の電荷(電流)に及ぼす力を決定するベクトル量。テスラ(T)で表わされる。1G(ガウス)は 10^{-4} T(テスラ)に等しい。

誘導電界

環境中の時間変化する磁界の作用によって人体等の導電性媒質中に生じる電界をいう。

低減係数

ICNIRP のガイドライン策定過程において、不確かさの様々な原因に対する補正のために影響閾値に低減を加えるための係数。一般には安全係数と呼ばれることもある。

電磁過敏症

刺激作用や熱作用を生じるよりも遥かに低いレベルの電磁界に曝露されることにより、頭痛や睡眠障害などを訴える症状をいう。電磁界の曝露との因果関係ははっきりしていない。

電力密度

高周波電磁界の強度を表す単位面積当たりの電力量。単位は W/m^2

比吸収率

人体が電波にさらされることによって単位質量の組織に単位時間に吸収されるエネルギー量。単位は W/kg 。(SAR: Specific Absorption Rate)

曝露

個人が低周波の電界および磁界または接触電流の影響下にあるときに、曝露が生じるという。

世界保健機関 (WHO: World Health Organization)

健康を基本的人権の一つとして捉え、その達成を目的とする国連の専門機関。

国際がん研究機関 (IARC: International Agency for Research on Cancer)

発がんメカニズムの解明や原因の特定による発がん頻度の抑制を目的とする、WHO の外部組織

国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)

非電離放射線(紫外線・赤外線・可視光・レーザー・電磁波・超音波など)による健康被害について研究を行い、曝露限度に関する指針を定めるなどの啓発活動を行う組織。

第1章 業務概要

1.1 業務の目的

中央新幹線（東京都・大阪市間）（以下「リニア」という。）については、全国新幹線鉄道整備法（昭和45年法律第71号）に基づき、国土交通大臣が、平成23年5月に、東海旅客鉄道株式会社（以下「JR東海」という。）を営業主及び建設主体に指名するとともに、同月、同社に対して建設を指示した。これを踏まえ、JR東海において、東京都・名古屋市間について環境影響評価の手続が実施されている。

同年9月に、同社から、環境影響評価方法書が公表され、これに対し関係都県市の首長から意見が提出されている。今後、環境アセスメント（調査、予測、評価）が行われ、環境影響評価準備書、環境影響評価書が作成されることとなるが、環境省において、同評価書に対する環境影響審査を実施することとなる。

リニアは、超電導磁気浮上方式による高速鉄道であり、従来の鉄道事業に対する環境影響審査では対象とされることのなかった電磁界による環境影響について考慮する必要がある。

このため、リニアから発生する電磁界の特性を把握し、当該電磁界による人への健康影響に関して調査等を行うとともに、これらを踏まえ、環境影響審査の観点や望ましい環境保全措置のあり方について検討を行ったものである。

1.2 業務の内容

（1）調査業務

1）リニアから発生する電磁界の特性の把握

JR東海が計画沿線で実施している住民向け説明会資料や上海トランスラピッド等の国外における磁気浮上式鉄道に関する資料等、リニアから発生する電磁界を把握するために必要な資料の収集や関係者への問い合わせを行い、周波数、強度（磁束密度）等について分析した。

また、リニアから発生する電磁界と電気機器、無線、送電線等から発生する日常的に存在する電磁界を比較し、リニアから発生する電磁界の特性を明らかにした。

2）電磁界の人への健康影響の把握

電磁界の人への健康影響（強い電磁界の短期曝露による影響、弱い電磁界の長期曝露による影響、ペースメーカー等の体内植え込み機器への影響、電磁過敏症患者への影響）に関して、国内外から参考となる文献や研究論文等を収集し、それを要約する（WHOが発行する文献等、日本語以外で書かれた文献や研究論文等の翻訳・要約を含む。）。

また、リニアから発生する電磁界の人への健康影響に関して、学識経験者等5名程度からヒアリングを行い、文献収集結果等と併せて整理した。

なお、電磁界の動植物への影響を主眼に置いた研究事例も可能な限り対象として情報を収集・整理することにより、電磁界の人への健康影響の把握の際の参考資料とした。

表 1.2 - 1 ヒアリング対象者一覧

| 氏名 | 所属 | 専門分野 |
|------|------------------------------------|------------------------|
| 池畑政輝 | (財)鉄道総合技術研究所 人間科学研究部 生物工学研究室 主任研究員 | 分子生物学、鉄道技術 |
| 宮越順二 | 京都大学 生存圏研究所 生存圏電波応用分野 特定教授 | 電磁波生命科学、放射線生物学、分子細胞生物学 |
| 山口直人 | 東京女子医科大学大学院 教授 | 疫学、公衆衛生学 |
| 豊島 健 | USCI ホールディングス(株) 日本メデイトロニック株式会社 | 体内植え込み型機器の EMC 技術 |
| 宮田幹夫 | 北里大学名誉教授 | 化学物質過敏症 |

3) 電磁界に係る規制等の動向把握

国内における電力設備、無線設備、鉄道設備等に対する規制の状況、今後の動向を把握した。また、国内における電力、電気・電子機器等の業界団体における自主的取組の状況、今後の動向を把握した。

海外における規制等の状況として、ICNIRP (国際非電離放射線防護委員会) におけるガイドラインの作成・改定の状況、欧州議会における電磁界関連決議の状況を収集・整理し把握するとともに、WHO の EMF World Wide Standards Database に基づき世界の主要国における電磁界の規制に関する最新の情報を収集・整理し把握した。

さらに、電磁界に対する防護対策の内容・原理や様々な発生源に対する適用事例、費用等を学識経験者等へのヒアリングや関連情報収集により把握した。

なお、電磁界に係る規制等の動向把握においては、学識経験者 1 名からヒアリングを行った。

表 1.2 - 2 規制動向に関するヒアリング対象者

| 氏名 | 所属 | 専門分野 | 選定理由 |
|------|------------------|------------------|---|
| 多氣昌生 | 首都大学東京 理工学研究科 教授 | 電気工学(電磁界の曝露評価技術) | ・1996-2008 年にわたり国際非電離放射線防護委員会 ICNIRP の Main Commission 委員を努め、国際的な規制の現状・動向に精通している。 |

4) 地方自治体の審査の動向把握

関係自治体(東京都、神奈川県、山梨県、静岡県、長野県、岐阜県、愛知県、川崎市、横浜市、相模原市、静岡市、名古屋市)の 12 都県市にアンケート調査を行い、以下を把握した。

- ・地方自治体の環境影響審査における電磁界への対応状況
- ・地方自治体の電磁界に係る環境影響審査において問題となっている事項

(2) 自治体説明会の開催

調査業務で得られた成果について、関係自治体に対する説明会を開催した。

(3) 検討業務及び報告書を取りまとめ

(1) の調査業務を踏まえ、環境影響審査の観点(審査に必要な情報は何か。何に注目して、どのような観点、基準から審査を行うべきかなど) や望ましい環境保全措置のあり方について検討した。また、本業務の結果について報告書等を取りまとめた。

第2章 電磁界を対象とした環境影響評価

2.1 電磁界に関する一般的な情報

(1) 電磁界とは

「電界」とは、空間に電気の力が働いている状態のことをいう。電線など電流を良く通すもの(導体)に電圧がかかると、そのまわりに電界が発生する。電界の強さは「電界強度」で表され、単位は1メートル当たりのボルト(V/m)が用いられる。電界強度は電圧が高いほど高く、発生源からの距離が大きくなると共に、距離の2乗に反比例して弱くなる。

「磁界」とは、空間に磁気力が働いている状態のことをいう。磁界は磁石の周りや電流が流れている導体の周りに発生する。磁界の強さは「磁束密度」で表され、単位はテスラ(T)が用いられる。磁束密度は電流が大きいほど強く、発生源からの距離が大きくなると共に、やはり距離の2乗に反比例して弱くなる。

「電磁界」とは、電界と磁界を総称したものであり、電界と磁界が一定の大きさを保ちつつ相伴なって空間を進む波を「電磁波」という。低周波で波長の長い領域では波としての性質が目立ちにくいこともあり、「電磁界」と総称される。

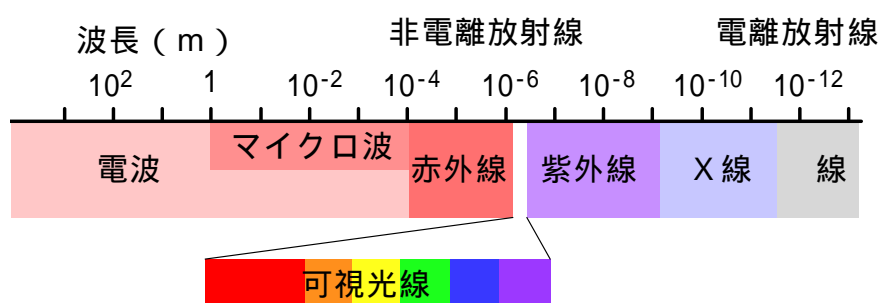


図 2.1 - 1 波長による電磁波の区分

(2) 電磁界の種類

電磁界の性質は「周波数」と「波長」により左右される。

電磁界は周波数を持たない「静電磁界」と、周波数の低い方から「超低周波電磁界」、「中間周波電磁界」、「高周波電磁界」、「赤外線」、「可視光線」、「紫外線」、「放射線」に分類される。

紫外線の中でも周波数が高いものと放射線は、物質に衝突して原子から電子を引き離す能力(電離作用)を持ち、「電離放射線」と呼ばれる。それよりも周波数に低い電磁界は「非電離放射線」と呼ばれる。

本調査では、非電離放射線のうち、「静電磁界」、「超低周波電磁界」、「中間周波電磁界」、「高周波電磁界」を当面の対象とし、超電導リニアから発生する電磁界の特性を把握した上で、調査対象を再吟味する。

1) 静電磁界

時間的に変動しない電界を静電界という。静電界は自然界においても発生し、大気中の静電界は晴天時で100V/m程度、雷雲の下で3,000V/m程度の静電界が発生している。

また、非導電性のカーペットの上を歩けば数キロボルトの帯電電位が蓄積する場合があります、局所の静電界は 500kV/m に達する可能性がある。

時間的に変動しない磁界を静磁界といい、地磁気や永久磁石の磁界がこれに該当する。直流電流を利用する場所には、人工的な静磁界が必ず発生することから、直流磁界と呼ばれる場合もある。静磁界は医療用磁気共鳴画像装置（MRI）等に利用されている。

2) 超低周波電磁界

周波数が 1Hz～300Hz の電磁界を超低周波電磁界と呼ぶ。この帯域には、送電線・変電所などの電力設備に用いられる 50Hz 及び 60Hz が含まれており、電力設備や家電製品、鉄道等が主な発生源となっている。

3) 中間周波電磁界

周波数が 300Hz～10MHz の電磁界を中間周波電磁界と呼ぶ。この帯域の電磁界は IH 調理器や電子タグ、電子商品監視機器（EAS）などに用いられている。

4) 高周波電磁界

周波数が 10MHz～300GHz の電磁界を高周波電磁界と呼ぶ。この帯域の電磁界は TV・ラジオ放送、携帯電話などの無線通信や電子レンジ等に用いられている。

| 電磁界の種類 | 非電離放射線 | | | | | | 電離放射線 | | |
|-------------------|--|--|---|--|---|---|--|--|--|
| | 静電磁界 | 超低周波電磁界 | 中間周波電磁界 | 高周波電磁界 | | | 光 | 放射線 | |
| 周波数 | ゼロ | 300Hz以下 <small>(50・60Hz：電力設備) 居住用途</small> | 300Hz～ 10MHz <small>(20～90kHz：IH調理器) 中間用途</small> | 10MHz～ 300MHz | 300MHz～ 3GHz <small>(2.45GHz：電子レンジ) マイクロ波</small> | 3GHz～ 3000GHz (3THz) | 3THz～ 3000THz | 3000THz以上 | |
| 波長 | なし | ←長 10 ⁴ 10 ³ 10 ² 10 1 10 ⁻¹ 10 ⁻² 10 ⁻³ 10 ⁻⁴ 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁶ 短→ | | | | | | | |
| 主な発生源 や 利用例 | <ul style="list-style-type: none"> ・地磁気 ・磁石 ・鉄道 ・MRI | <ul style="list-style-type: none"> ・電力設備 ・家電製品電源 ・鉄道 | <ul style="list-style-type: none"> ・IH調理器 ・テレビ、パソコンモニタ ・鉄道 | <ul style="list-style-type: none"> ・ラジオ放送 ・テレビ放送 | <ul style="list-style-type: none"> ・電子レンジ ・携帯電話 | <ul style="list-style-type: none"> ・BS(衛星放送) | <ul style="list-style-type: none"> ・太陽光 | <ul style="list-style-type: none"> ・レントゲン | |

注：周波数「Hz(ヘルツ)」は1秒間に振動する数で、電磁波の伝わる速さ「 3×10^8 m/秒」を波長で割った数です。
k(キロ)= 10^3 、M(メガ)= 10^6 、G(ギガ)= 10^9 、T(テラ)= 10^{12}

図 2.1 - 2 電磁界の種類と主な発生源

出典：電磁界情報センター（<http://www.jeic-emf.jp/railroad.html>）

(3) 日常的に存在する電磁界

1) 電気機器

各種の家電製品からは、電源に用いられる 50Hz または 60Hz の超低周波磁界の他、電磁誘導加熱式 (IH) 調理器など製品によっては数 kHz ~ 数十 kHz の中間周波磁界が生じている。これまでの調査によれば、磁界の強さ (磁束密度) は、例えば電気毛布からは $2.19\mu\text{T}$ (発生源から測定点までの距離が 0cm)、電気カーペットからは $10.4\mu\text{T}$ (同 0cm)、ヘアドライヤーからは $2.85\mu\text{T}$ (同 10cm)、電気掃除機からは $0.1 \sim 0.546\mu\text{T}$ (同 30cm) 程度となっている。

2) 無線

携帯電話やその基地局、TV・ラジオ放送局の周辺には、様々な周波数の高周波電磁界が発生している。これまでの調査によれば、携帯電話基地局からの電磁界の強さ (電界強度) は、市街地で最大 2.5V/m 、郊外で最大 1.6V/m 、小学校周辺で最大 1.6V/m 、地下街で最大 5V/m 程度となっている。

3) 電力施設

送電線や配電線、変電所などの電力設備からは、50Hz または 60Hz の超低周波磁界が生じている。これまでの調査によれば、磁界の強さ (磁束密度) は、送電線の下では最大 $10.07\mu\text{T}$ (地表 1.5m)、配電線の下では最大 $1.13\mu\text{T}$ (同 1m)、地中送電線の上では最大 $13.4\mu\text{T}$ (同 0m)、変電所の敷地境界では $3.99\mu\text{T}$ 以下 (同 1m) となっている。

4) 医療機器

磁気共鳴撮影装置 (MRI) などの医療機器を使用する際に、患者及び機器を操作する医療従事者は $0.2 \sim 3\text{T}$ の静磁界に曝露される可能性がある。

2.2 電磁界を対象とした環境影響評価の事例

(1) 事例の整理

1) リニアモーターを用いた鉄道事業

リニアモーターを用いた鉄道事業における環境影響評価の事例には以下の3例が知られているが、このうち、電磁界を評価項目として選定しているのは、磁気浮上式を採用している「名古屋都市計画都市高速鉄道東部丘陵線 豊田都市計画都市高速鉄道東部丘陵線」のみであった。なお、同案件は法アセスの対象ではなく、愛知県条例に基づき実施されたものである。

横浜国際港都建設計画都市高速鉄道第5号市営地下鉄4号線

大阪都市計画都市高速鉄道第8号線(井高野~今里)

名古屋都市計画都市高速鉄道東部丘陵線 豊田都市計画都市高速鉄道東部丘陵線

表 2.2 - 1 (1) リニアモーターを用いた鉄道事業の環境影響評価事例

| | | |
|------------|-----|---|
| | | 横浜国際港都建設計画都市高速鉄道第5号市営地下鉄4号線〔横浜市港北区日吉四丁目-緑区中山町〕環境影響評価書 |
| 所在都道府県 | | 神奈川県 |
| 事業種類 | | 鉄道 |
| 計画策定者又は事業者 | | 横浜市(都市計画決定権者:神奈川県) |
| 実施根拠 | | 環境影響評価法 |
| 発行者 | | 神奈川県 |
| 評価書発行年月 | | 2000年12月 |
| 評価項目 | 工事中 | 大気汚染、水質汚濁、騒音、振動、土壌汚染、植物、動物、生態系、ふれあい活動の場 |
| | 供用時 | 騒音、振動、土壌汚染、植物、動物、生態系、ふれあい活動の場 |

出典：環境影響評価情報支援ネットワーク 環境アセスメント事例の検索(事業概要)

| | | |
|------------|-----|---------------------------------|
| | | 大阪都市計画都市高速鉄道第8号線(井高野-今里)環境影響評価書 |
| 所在都道府県 | | 大阪府 |
| 事業種類 | | 鉄道 |
| 計画策定者又は事業者 | | 大阪市(都市計画決定権者:大阪府) |
| 実施根拠 | | 環境影響評価法 |
| 発行者 | | 大阪府 |
| 評価書発行年月 | | 1999年11月 |
| 評価項目 | 工事中 | 大気汚染、地盤沈下、史跡・文化財、騒音、振動、廃棄物等 |
| | 供用時 | その他(低周波音)、騒音、振動、廃棄物等 |

出典：環境影響評価情報支援ネットワーク 環境アセスメント事例の検索(事業概要)

表 2.2 - 1 (2) リニアモーターを用いた鉄道事業の環境影響評価事例

| | | |
|------------|-----|---|
| | | 名古屋都市計画都市高速鉄道東部丘陵線 豊田都市計画都市高速鉄道東部丘陵線 環境影響評価書 |
| 所在都道府県 | | 愛知県 |
| 事業種類 | | 鉄道 |
| 計画策定者又は事業者 | | 愛知県、名古屋市、愛知高速交通株式会社 |
| 実施根拠 | | 都道府県の条例・要綱等 |
| 発行者 | | 愛知県・名古屋市 |
| 評価書発行年月 | | 2001年10月 |
| 評価項目 | 工事中 | 大気汚染、騒音、振動、水質、地盤・土壌、地下水、動物、植物、生態系、ふれあい活動の場、地域の歴史的文化的特性を生かした環境の状況、廃棄物等 |
| | 供用時 | 騒音、振動、水質、地下水、日照障害、 電磁場 、動物、植物、生態系、景観、ふれあい活動の場、地域の歴史的文化的特性を生かした環境の状況、廃棄物等 |

出典：環境影響評価情報支援ネットワーク 環境アセスメント事例の検索（事業概要）

2) その他

鉄道事業以外では、電波塔事業において「電波（電磁波）」を評価項目とした環境影響評価の実施事例がある。この案件は東京都条例に基づき実施されたものである。

業平橋押上地区開発事業（東京スカイツリー）

表 2.2 - 1 (3) その他事業の環境影響評価事例

| | | |
|------------|-----|---|
| | | 業平橋押上地区開発事業 |
| 所在都道府県 | | 東京都 |
| 事業種類 | | その他の施設等 |
| 計画策定者又は事業者 | | 東武鉄道株式会社、新東京タワー株式会社 |
| 実施根拠 | | 都道府県の条例・要綱等 |
| 発行者 | | 東武鉄道株式会社、新東京タワー株式会社 |
| 発行年月 | | 2008年5月 |
| 評価項目 | 工事中 | 大気汚染、騒音・振動、地盤、廃棄物等 |
| | 供用時 | 大気汚染、騒音・振動、水循環、日影、電波障害、風環境、景観、ふれあい活動の場、廃棄物、温室効果ガス、[電波(電磁波)、風による発生音] |

[] 内は、東京都環境影響評価条例施行規則第6条で定められた項目以外から選定した項目

出典：東京都環境局 手続きの進捗状況

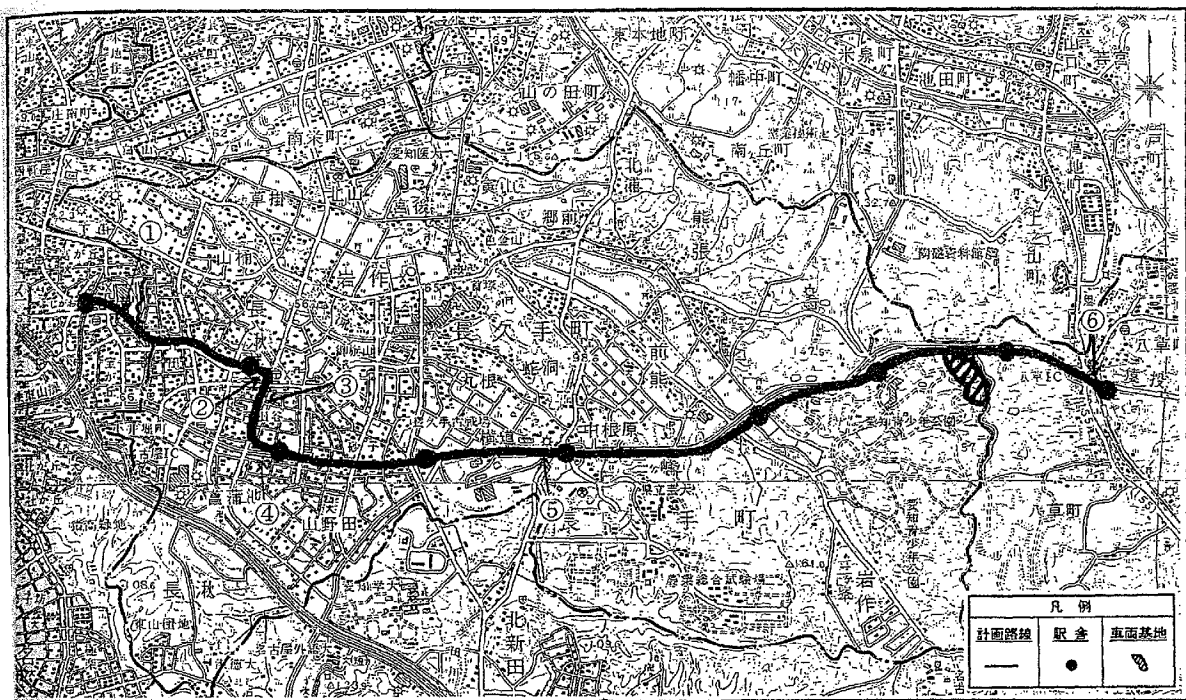
http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/assessment/information/projects_list/254dtl.html

以上を踏まえ、「名古屋都市計画都市高速鉄道東部丘陵線 豊田都市計画都市高速鉄道東部丘陵線」において評価書にとりまとめられた調査・予測・評価の事例を整理するとともに、事後調査における予測結果の検証状況を紹介する。以下、破線で囲んだ箇所は、「名古屋都市計画都市高速鉄道東部丘陵線 豊田都市計画都市高速鉄道東部丘陵線 環境影響評価書」(平成 13 年 10 月)からの引用である。

(2) 名古屋都市計画都市高速鉄道東部丘陵線 豊田都市計画都市高速鉄道東部丘陵線

1) 調査の概要

現地調査は、下記図表に示すとおり沿線 6 箇所を実施した。



この地図は、建設省国土院発行の5万分の1地図「豊田」、「瀬戸」、「名古屋南部」、「名古屋北部」を基に作成したものである。

図 6-8-1 現地調査地点位置図

表 6-8-1 現地調査概要

| 調査項目 | 直流磁場及び交流磁場の強さ |
|-------------------|--|
| 調査地点 (図 6-8-1) | ①藤ヶ丘工場周辺 (名古屋市名東区照が丘) ②はなみずき駅周辺 (長久手町桜作) ③(都)高根線 (長久手町戸田谷) ④戸田谷駅周辺 (長久手町戸田谷) ⑤芸大前駅周辺 (長久手町大字岩作) ⑥八草駅周辺 (豊田市八草町) |
| 調査期日 | 平成 12 年 5 月 11 日 (木) |
| 測定方法 | 磁場測定器により地下構造となる①の地点では地表面で、他の地点は地上高 1メートルの位置で 30 秒間の測定を行った。 (測定機器の仕様) 名称 TRM-20DA (トーキン社製) 測定周波数範囲 直流から 250 ヘルツ 最大測定値 2 ミリテスラ (20 ガウス) レベル分解能 0.001 ミリテスラ (0.01 ガウス) |

調査結果は、下表に示すとおり、静磁界で 0.048~0.057mT とほぼ地磁気と同程度の値を示しており、低周波磁界は測定下限値 (0.001mT) 未満であった。

表 6-8-2 現地磁場調査結果

| 調査地点 | 地表からの高さ(m) | 直流磁場 (ミリテスラ) | 交流磁場 (ミリテスラ) |
|--------------------------|------------|--------------|--------------|
| ①藤ヶ丘工場周辺 (名古屋市名東区照が丘) | 0 | 0.057 | ND |
| ②はなみずき駅周辺 (長久手町桜作) | 1 | 0.048 | ND |
| ③(都)高根線 (長久手町戸田谷) | 1 | 0.057 | ND |
| ④戸田谷駅周辺 (長久手町戸田谷) | 1 | 0.049 | ND |
| ⑤芸大前駅周辺 (長久手町大字岩作) | 1 | 0.048 | ND |
| ⑥八草駅周辺 (豊田市八草町) | 1 | 0.049 | ND |

注 NDは測定値が測定器の測定下限値 (0.001ミリテスラ) 未満であることを示す。
 直流磁場：直流電流の周りに発生する磁場であり、直流は電圧が一定で電流も同じ方向に流れ続けるため、発生する磁場の方向と大きさは一定となる。
 なお、自然界に存在する地磁気は日本付近では0.05 ミリテスラ (0.5 ガウス) 程度となっている。
 交流磁場：交流電流の周りに発生する磁場であり、交流は時間とともに電圧が正(+)から負(-)、負(-)から正(+)の変化を繰り返し、電流が流れる方向と大きさが変化するため、発生する磁場もそれに応じて時間とともに方向と大きさが変化する。
 ミリテスラ：テスラとは磁界の強さを磁束密度で表すときの単位で、一般的に用いられるガウスとは次のような関係がある。
 1テスラ (T) = 10,000 ガウス (G)、1ミリテスラ (m T) = 10 ガウス

2) 予測の概要

予測項目

静磁界及び超低周波磁界の強さ (磁束密度)

予測地点

平面部 1 地点、地下部 1 地点、高架部 3 地点

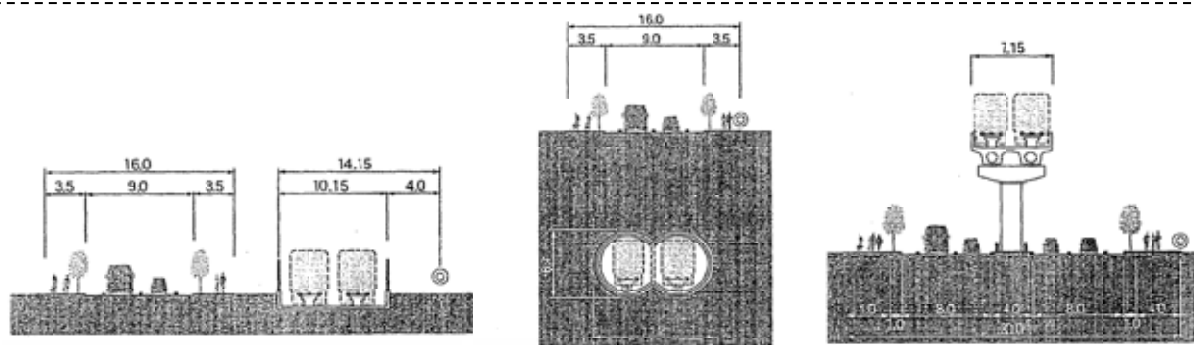


図 2.2 - 1 予測地点の例

予測時の列車走行条件

列車の走行に伴う磁界の発生源、磁界に影響する電流値、周波数と走行速度との関係について以下のとおり整理されている。

列車走行に伴い発生する磁場の主な発生源は、直流磁場は電車線、直流リアクトル及び浮上案内用の電磁石であり、交流磁場はインバータ及びリニアモータ部である。

ただし、発生する交流磁場は、リニアモータ部に流れる電流の電圧、電流値および周波数がインバータにより速度に合わせて可変制御されているため、周波数と磁場の強さが変化している。

磁場に影響するのは電流値と周波数であるが、電流値は速度が上がるに従って（ただし、40 km/h 付近までは一定）小さくなり（磁場の強さも小さくなる）、周波数は速度が上がるに従って高くなるように設定されている。

このため、列車の走行条件は、直流磁場は大江実験線で最大磁場が発生した発進時（着地状態から浮上最大加速時）とし、交流磁場は国際的に認められた磁場の制限値である国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）のガイドラインが周波数により制限値を定めているため、実験線の3走行条件の発進時、40 km/h（最大加速時）及び70 km/h（最大加速時）と最大周波数が発生する100 km/h（最大加速時）走行時とした。

表6-8-4 最大加速時における速度別制御値

| 走行速度 (km/h) | 周波数 (Hz) | リアクタ電流 (A) | 0.5m での交流磁場測定値 (mT) |
|-------------|----------|------------|---------------------|
| 発進時 | 23 | 381 | 0.063 |
| 40 | 41 | 360 | 0.051 |
| 70 | 62 | 245 | 0.042 |
| 100 | 83 | 187 | (0.042) |

予測手法

予測は、距離減衰式により実施している。

予測は、レール面における車両側面を磁場の発生源と仮定し、車両側面から0.5 m離れた地点での磁場の強さを基準とし、大江実験線での調査結果を参考に距離減衰式を定め、この式から各予測点の磁場の強さを求めた。

7 距離減衰式の設定

磁場の強さの距離減衰は、大江実験線での測定結果を参考に安全側となるように配慮して距離に反比例するものとして次式のとおりとした。

$$B = \frac{K}{2} \times \frac{1}{R}$$

B：磁場の強さ（磁束密度：ミリテスラ）

K：車両側面から0.5 mの位置の磁場の強さ（ミリテスラ）

R：車両側面からの距離（m）

なお、磁場の強さは距離が離れるに従って環境磁場に限りなく収束するものとして、計算結果の下限值は、直流磁場は0.05 ミリテスラ、交流磁場は0.001 ミリテスラとした。

予測結果

予測値は静磁界、超低周波磁界ともに平面部で最も高く、静磁界で0.139mT、超低周波磁界で0.009（83Hz）～0.013（23Hz）であった。

表 6-8-6 磁場の予測結果（道路敷地境界、地上高 1 m）

（単位：ミリテスラ）

| 予測地点 | 車両側面から予測点までの距離 (m) | 直流磁場 | 交流磁場 | | | |
|--------------------|--------------------|--------|-------|--------------------|--------------------|---------------------|
| | | 発進時 | 発進時 | 40 km/h (最大加速時) | 70 km/h (最大加速時) | 100 km/h (最大加速時) |
| ①長久手町桜作 (地下部) | 18.1 19.6 | 0.054 | 0.005 | 0.004 | 0.003 | 0.003 |
| ②長久手町久保山 (平面部) | 5.9 9.7 | 0.135 | 0.013 | 0.010 | 0.009 | 0.009 |
| ③長久手町久保山 (高架部) | 13.2 15.6 | 0.072 | 0.007 | 0.005 | 0.004 | 0.004 |
| ④長久手町砂子 (高架部) | 14.8 18.0 | 0.063 | 0.006 | 0.005 | 0.004 | 0.004 |
| ⑤長久手町大字岩作 (高架部) | 10.3 13.0 | 0.089 | 0.008 | 0.007 | 0.005 | 0.005 |
| 交流磁場の周波数 (Hz) | | - | 23 | 42 | 63 | 83 |
| ICNIRP ガイドライン値 | | 40.000 | 0.217 | 0.119 | 0.079 | 0.050 |

注 距離欄の上段は近接側車両の車両側面のレール高さからの最短距離を、
下段は遠隔側車両の車両側面のレール高さからの最短距離を示している。

3) 評価結果

回避・低減に係る評価

回避・低減の手段として、既存住宅との離隔の確保をあげている。

計画路線のルート設定にあたっては、既存の住宅との離隔を確保している。

以上により、実行可能な範囲において低減が図られているものと判断した。

なお、列車の推進方式（常電導吸引型磁気浮上・リニアインダクションモーター推進方式）が世界で初めての実用化となることから、事後調査を行うものとする。

基準または目標との整合

ICNIRP のガイドライン値との比較を行い、これを満足するとしている。

4) 事後調査結果

事前調査地点において実測した磁束密度の調査結果によれば、供用後の静磁界、超低周波磁界ともに、事前調査の結果から大きな変化は見られなかったとしている。

表4-4-3 事前調査地点における結果

| 調査点 | 地面からの高さ(m) | 直流磁場(mT) | | | 交流磁場(mT) | | |
|--------------------------|------------|----------|-------|-------|-------------------------------|------|-------|
| | | 事前調査 | 試運転時 | 供用時 | 事前調査 | 試運転時 | 供用時 |
| ①藤ヶ丘工場周辺 (名古屋市名東区照が丘) | 0 | 0.057 | 0.036 | 0.043 | ND | ND | ND |
| ②はなみずき通駅周辺 (長久手町桜作) | 1 | 0.048 | 0.031 | 0.049 | ND | ND | 0.001 |
| ③(都)高根線 (長久手町戸田谷) | 1 | 0.057 | 0.046 | 0.046 | ND | ND | ND |
| ④秋ヶ池公園駅周辺 (長久手町戸田谷) | 1 | 0.049 | 0.041 | 0.039 | ND | ND | ND |
| ⑤芸大通駅周辺 (長久手町大字岩作) | 1 | 0.048 | 0.034 | 0.042 | ND | ND | ND |
| ⑥万博八草駅周辺 (豊田市八草町) | 1 | 0.049 | 0.053 | 0.049 | ND | ND | ND |
| ICNIRPガイドライン 参考レベル | | 40.000 | | | 1.6 (5Hz) ~ 0.00625 (4,000Hz) | | |

注 NDは環境影響評価調査時の測定下限値(0.001mT)未満であることを示す。

予測地点において実測した磁束密度の調査結果によれば、供用後の静磁界、超低周波磁界ともに、予測結果を大きく下回る結果となっており、その理由として、予測条件を安全側となるよう配慮して設定したことが挙げられている。

表4-4-4 (1) 予測地点における結果(直流磁場)

| | 測定距離(m) | 直流磁場(mT) | | | |
|------------------------------|---------|------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------|
| | | 予測値 | 試運転時 | 供用時 | |
| | | 発進時 | 発進時 | 通過中 (通過速度) | |
| 予測地点① 長久手町桜作 | 18.1 | 0.054 (0.028) | ND | ND (13.3m) ^{*1} | 46km/h |
| 予測地点② 長久手町久保山 | 5.9 | 0.139 (0.087) | 0.002 | 0.014 | 17km/h |
| 予測地点③ 長久手町久保山 | 13.2 | 0.072 (0.039) | ND | ND (12.6m) ^{*1} | 36km/h |
| 予測地点④ 長久手町砂子 | 14.8 | 0.083 (0.035) | 0.001 | 0.001 | 60km/h |
| 予測地点⑤ 長久手町大字岩作 | 10.3 | 0.089 (0.050) | 0.005 | ND | 84km/h |
| 予測地点⑤ 長久手町大字岩作 (すれ違い時) | 10.3 | 0.089 | 40km/h(最大加速) ^{*3} 0.003 | -- ^{*2} | |
| ICNIRPガイドライン 参考レベル | | 40.000 | | | |

注 NDは環境影響評価調査時の測定下限値(0.001mT)未満であることを示す。
測定距離は車両側面のレール高さから測定地点までの最短距離を示す。
(予測値は全てすれ違いを想定したものである。)

第3章 リニアから発生する電磁界の特性の把握

3.1 磁気浮上式鉄道から発生する電磁界について

JR東海が計画沿線で実施している住民向け説明会資料や上海トランスラピッド等の国外における磁気浮上式鉄道に関する資料等、リニアから発生する電磁界を把握するために必要な資料の収集や関係者への問い合わせを行い、周波数、強度（磁束密度）等について分析を行った。

(1) 一般的な鉄道から発生する電磁界について

電気鉄道や新幹線をはじめとする鉄道設備からは、さまざまな周波数の電磁界（静電磁界～中間周波電磁界）が発生している。

また、鉄道設備では電車の運転状態（加速、惰行、ブレーキなど）に応じて短時間（数秒～数十秒）に電力が急激に変動するため、発生する電磁界も時間的に急激に変動する性質がある。

1) 変電所 架線 車両 レール 変電所の大きなループから発生する電磁界

き電方式が直流か交流かにより、直流の場合には静磁界、交流の場合には 50～60Hz の超低周波磁界が発生する。一般的な鉄道では、常に電流が流れているため、電磁界は常時発生している。

2) 車両（直流電気鉄道の例）

直流電気鉄道の場合、架線からパンタグラフを経て車両に取り込まれた電流はリアクトル、VVVF インバータを経てモータを駆動し、車輪からレールへと流れる。

この時、a) リアクトルからは静磁界、b) VVVF インバータと c) モータからは走行状況に応じた数十 Hz までの超低周波磁界が発生する。

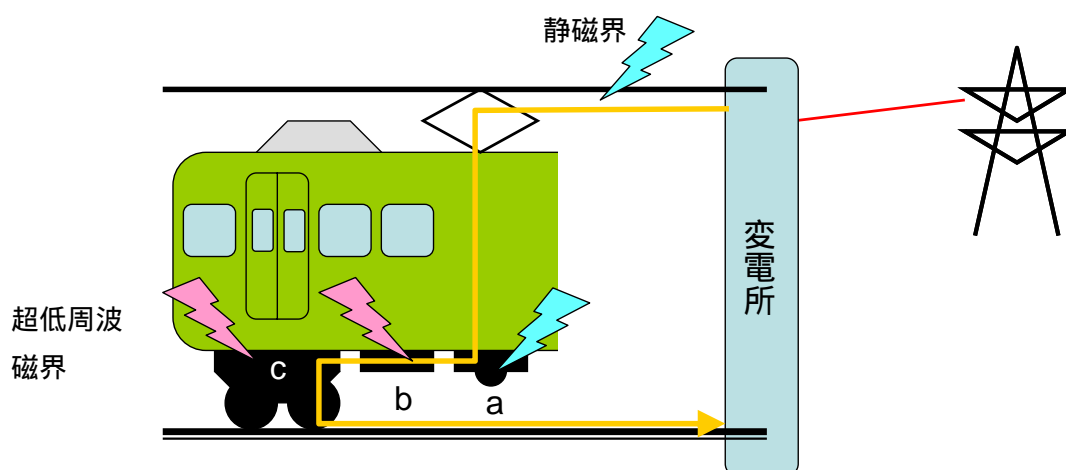


図 3.1 - 1 直流電気鉄道から発生する電磁界

なお、通常の直流電気鉄道から発生する電磁界の実測事例を以下に示した。

磁束密度は周波数の極めて低い領域から数十 Hz までの周波数において比較的高い値を示しているが、車内モータ上における最大値でも $10\mu\text{T}$ ($=0.01\text{mT}$) 未満となっている。

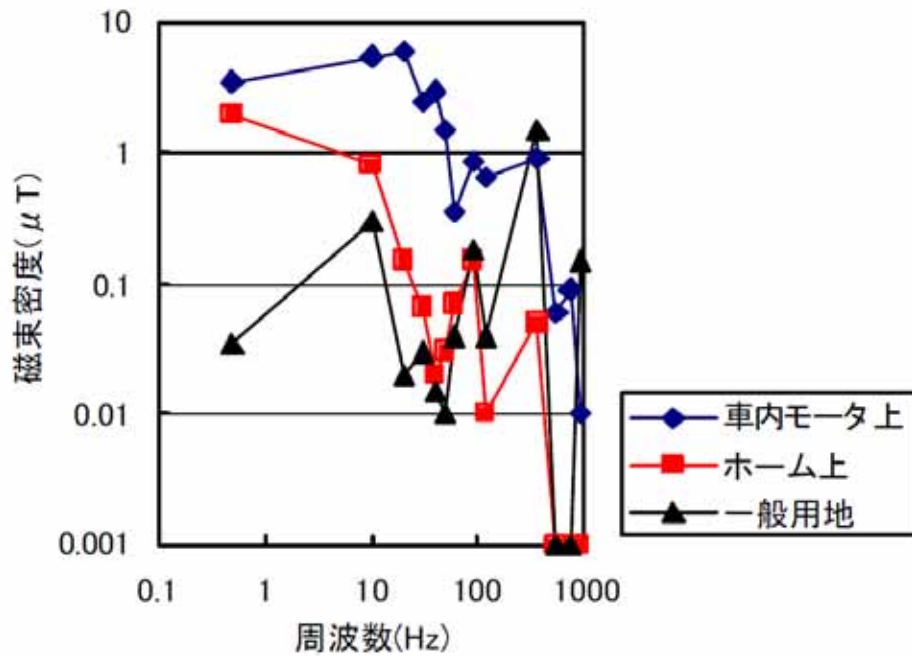


図 3.1 - 2 直流 1,500V 都市鉄道における電磁界の実測例

出典：「鉄道の磁界に対する EMC について」交通安全環境研究所研究発表会講演概要

Vol.2nd,Page3-6(2002.11.13) 水間ら

(2) 磁気浮上式鉄道

磁気浮上式鉄道の3事例(超電導リニア山梨実験線、上海トランスラピッド、リニモ)を対象に電磁界発生源となる設備の諸元、電磁界の実測値等について資料収集及び個別照会を行い、得られた回答に基づき情報を整理した。

1) 超電導リニア(山梨実験線)

電磁界の発生源となる設備

(実験線先行区間: 18.4km、電磁誘導浮上支持・地上一次リニア同期モータ方式)

超電導リニアにおいて電磁界の発生源となる設備の諸元について、以下に整理した。

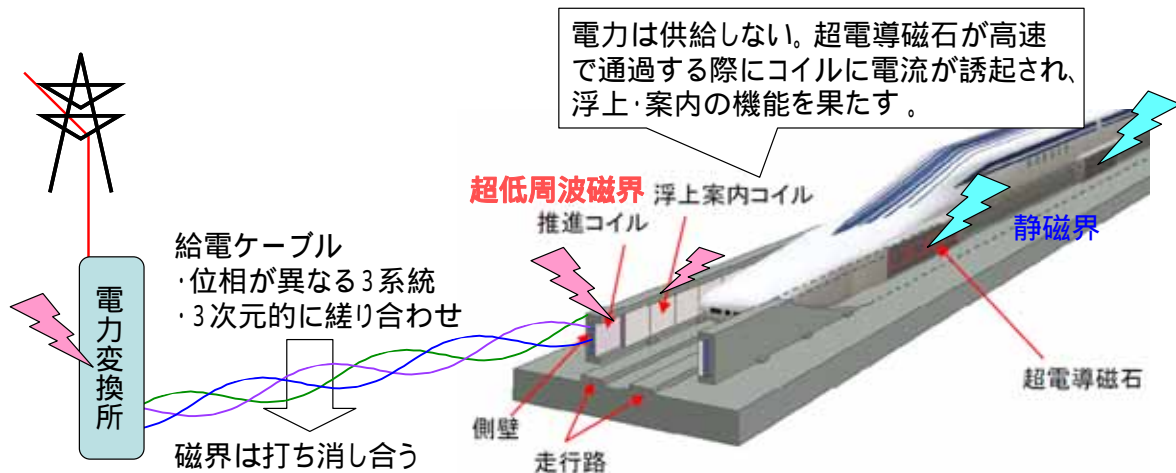


図 3.1 - 3 超電導リニアから発生する電磁界

ア. 車両

車両には「超電導磁石」が搭載されており、励起中は走行状況にかかわらず、非常に強い静磁界を常時発生している。ヒアリング調査において、表面付近における磁束密度は約 1 T 程度との情報を得た。

- ・ 1列車あたりの車両数: 16両
- ・ 1列車における超電導磁石ユニットの配置数: 17台車
- ・ 超電導磁石の諸元
 - 最大電流 (A): (回答なし)
 - 電圧 (kV): 超電導状態では抵抗が0となり電圧は発生しない
 - 起磁力 (kA): 700kA/ユニット
 - 周波数 (Hz): 0 (静磁界)

超電導磁石においては、コイル内の電気抵抗が極めて小さく、電位差が

ほとんど生じないことから、電圧は発生しない。そのため、電界はほとんど発生しない。

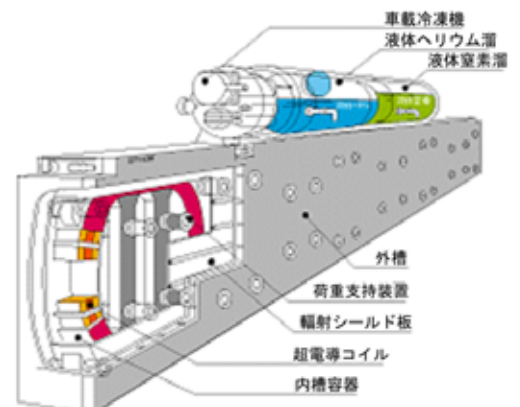


図 3.1 - 4 超電導磁石

http://www.rtri.or.jp/rd/division/rd79/yamanashi/maglev_frame_J.htm

イ．軌道

軌道沿いには推進コイルと浮上案内コイルが埋め込まれているが、このうち、推進コイルには電力変換所から走行速度に応じて周波数(～約 50Hz)を制御された交流電流が供給される。また、浮上案内コイルには電力は供給されないが、超電導磁石が高速で通過する際にコイルに電流が誘起され、浮上・案内の機能を果たしている。軌道のこれらコイルから、超低周波磁界が発生する。なお、非接触給電装置における最大電流及び電圧についての情報は得られなかった。

・推進コイルの諸元

最大電流(A):(回答なし)

電圧(kV): 33,000kV

起磁力(kA): 6～7kA/ユニット (超電導磁石の約 1/100)

周波数(Hz): 0～約 50Hz(超低周波磁界)

・非接触給電装置の諸元

最大電流(A):(回答なし)

電圧(V):(回答なし)

発振周波数(kHz): 約 9.8kHz

ウ．電力供給施設

電力変換所から軌道の推進コイルへは 0～約 50Hz の周波数の交流電流が供給されており、電力変換所及び給電ケーブルからの超低周波磁界の発生が考えられる。ただし、給電ケーブルにおいては、位相の異なる 3 系統のケーブルを 3 次元的に縷り合わせて敷設することにより、相互に打ち消し合う効果があり、磁界の強度は低減が図られている。

・営業区間における変電所の設置間隔：20～30km に 1 箇所

・軌道への電力供給：インバータ出力(MVA)、周波数の制御幅(Hz)

北線：38MVA、0～56Hz(550km/h) 3組

南線：20MVA、0～46Hz(450km/h) 3組

超電導リニアにおいては、軌道への電力供給が「三重き電方式」と呼ばれる特有の方式で行われている。車両の移動に合わせて給電区間を切り替えながら、3系統のうち 2 系統の組合せで推進用の電力を供給しており、電磁界が発生する区間は車両の移動につれて移動するという特徴を有している。

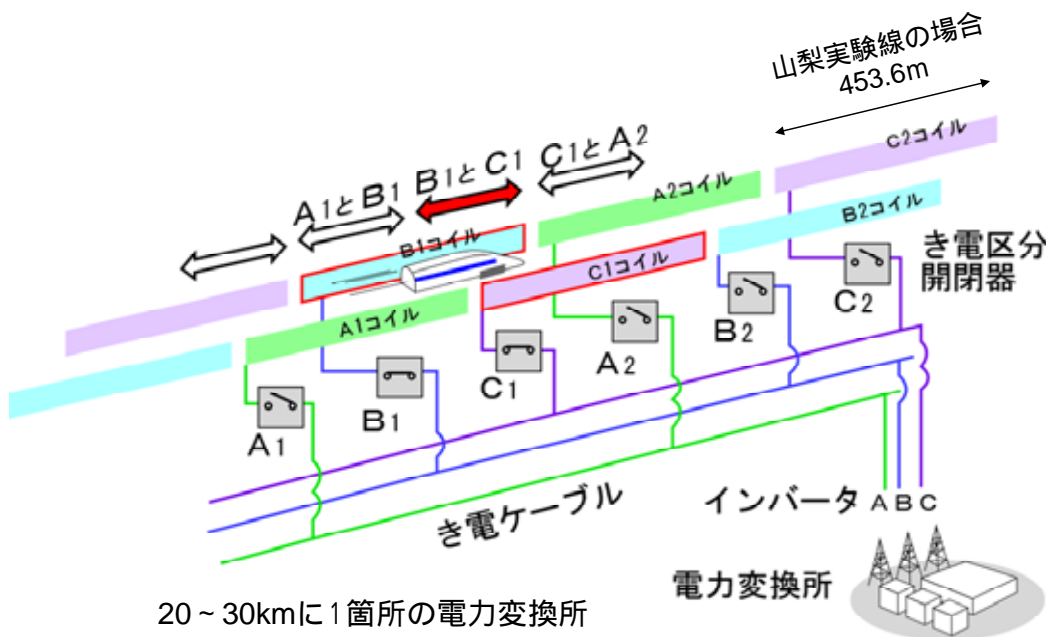


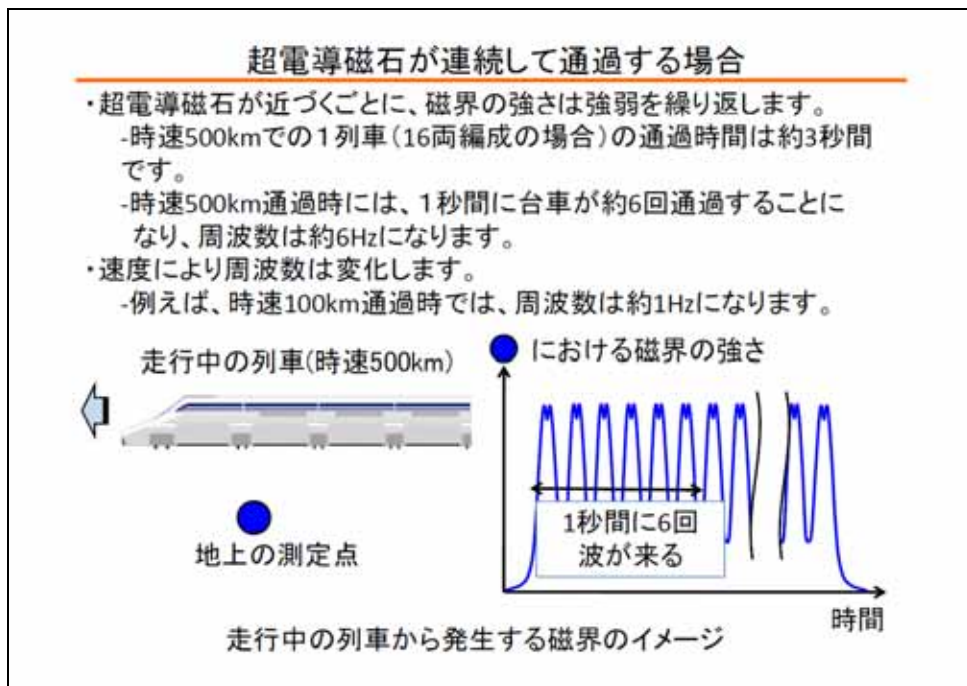
図 3.1 - 5 リニア特有の電力供給システム（三重き電方式）

電磁界の実測事例

ア. 沿線における実測事例

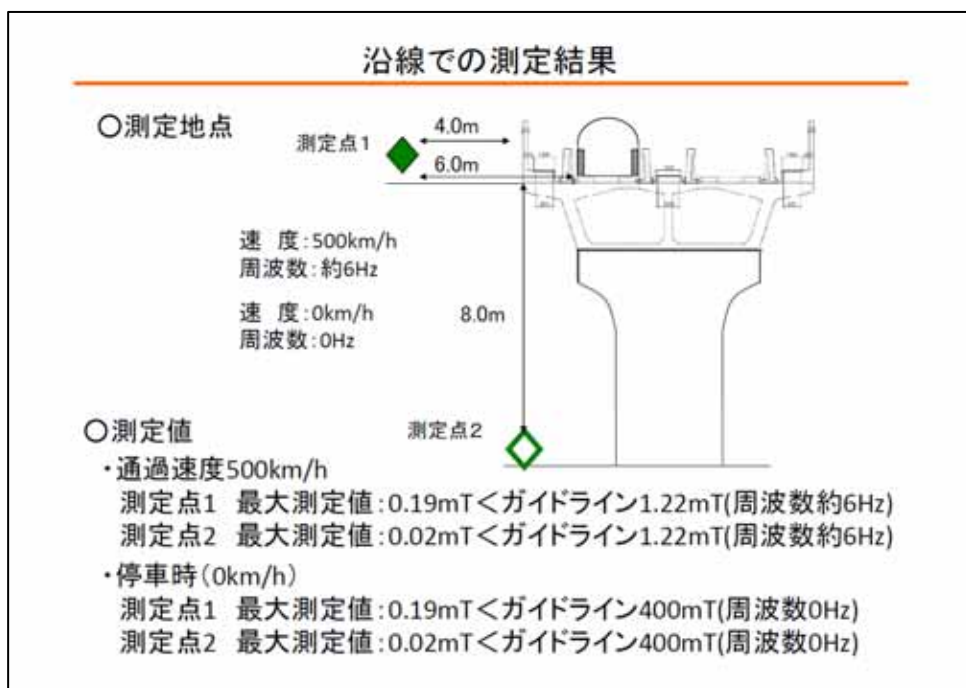
JR 東海が山梨実験線において実測した沿線における磁束密度の資料を引用し以下に示した。

超電導磁石が 500km/h で通過する際に地上で観測される磁界は約 6 Hz の超低周波磁界となる。($500\text{km/h} = 139\text{m/s}$, $139\text{m/s} \div 24.3\text{m} = 5.7/\text{s}$)

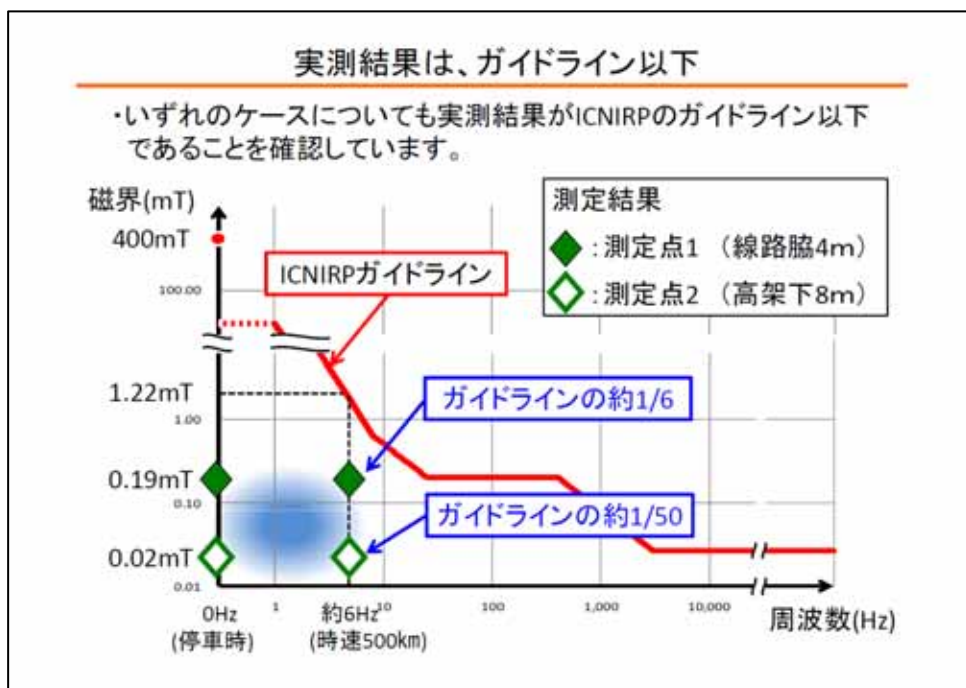


出典：中央新幹線計画に関する説明会資料について 2.超電導リニアについて 磁界の影響、JR 東海
http://company.jr-central.co.jp/company/others/assessment/_pdf/lib10.pdf (以下、同じ)

沿線の2地点で測定された磁束密度は、停車時(0Hz)と500km/hで通過時(約6Hz)とで同じ値となっており、軌道と同レベルの測定点1で0.19mT、高架下の測定点2で0.02mTであった。

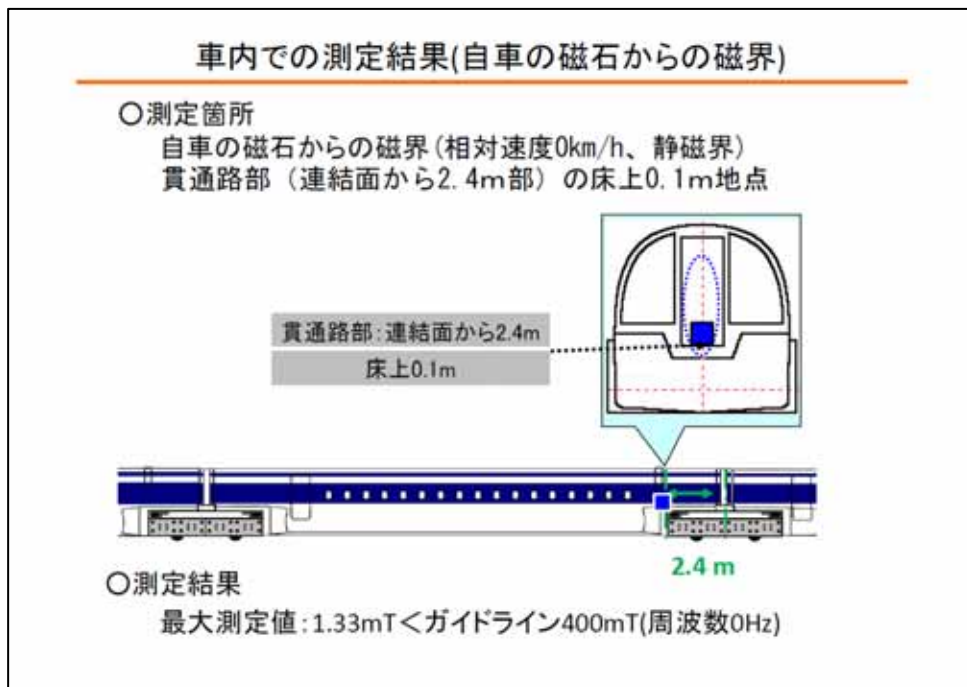
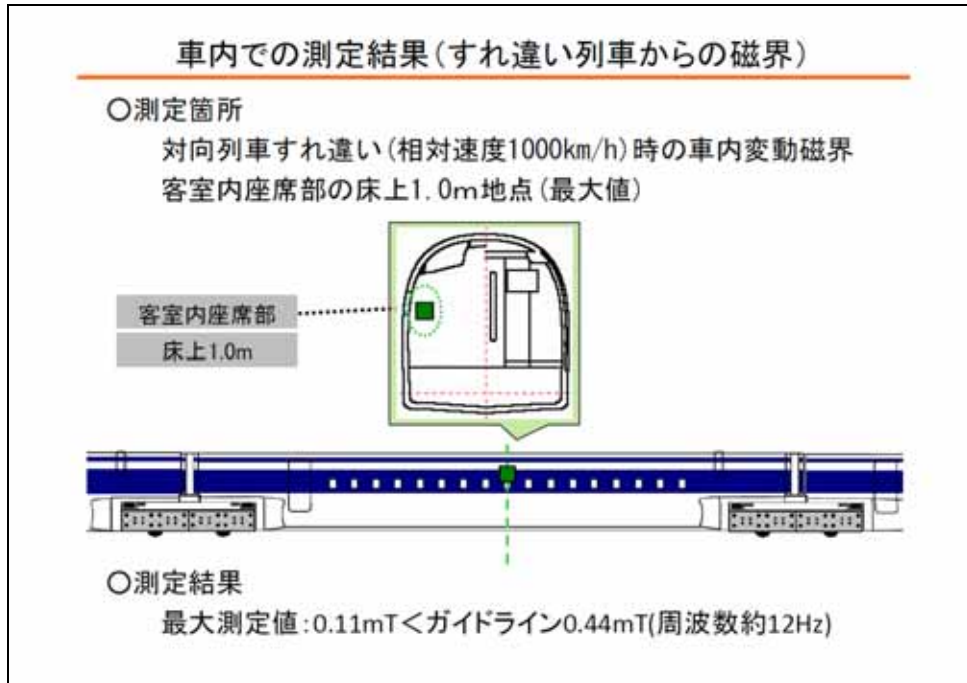


これら実測値は、ICNIRPのガイドライン値を下回る結果となっている。

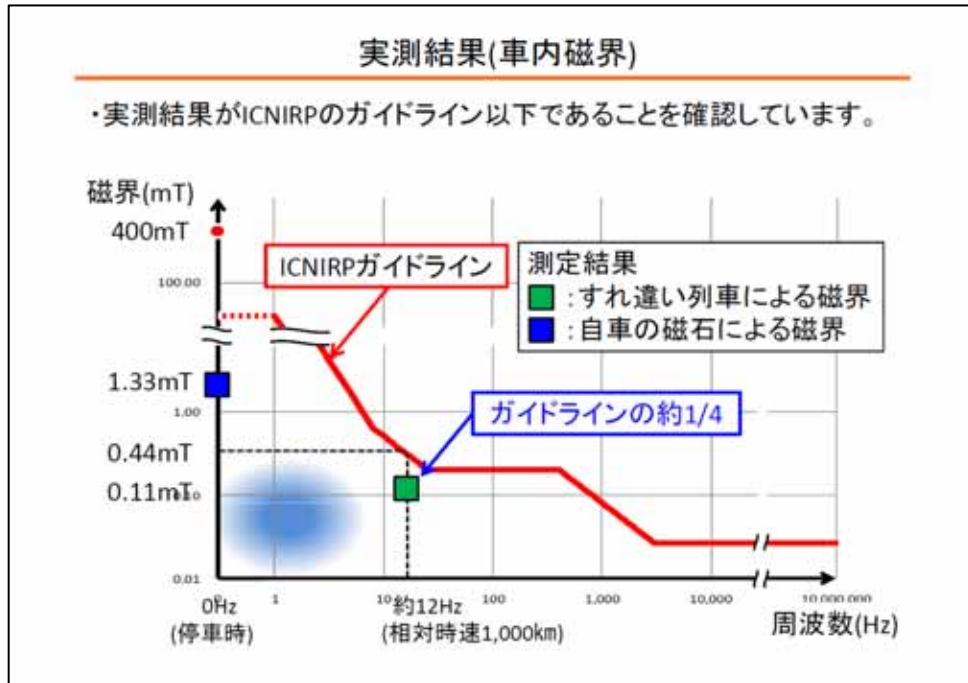


イ. 車両内における実測事例

環境影響評価とは直接関係しないが、車両内での実測事例を参考として以下に引用した。



車両内では、自車の超電導磁石からの静磁界（0Hz）と、すれ違い車両の超電導磁石からの超低周波磁界（約12Hz：相対速度が地上での観測の2倍となる）の測定が行われており、その結果はいずれも ICNIRP のガイドラインを下回るものであった。



ウ. その他

その他の実測例についての情報は得られなかった。

2) 上海トランスラピッド

電磁界の発生源となる設備

(営業距離：30 km、電磁吸引支持・地上一次リニア同期モータ方式)

上海トランスラピッドにおいて電磁界の発生源となる設備の諸元について、以下に整理した。

ア. 車両

- ・ 1列車あたりの車両数：5両
- ・ 1車両における電磁石ユニットの配置数：片側8ユニット
1ユニットあたりの電磁石数：12個
- ・ 浮上推進用電磁石の諸元：電圧(V)、所要電力(kW)、起磁力(kA)、等
(回答なし)
- ・ ガイド用電磁石の諸元：電圧(V)、所要電力(kW)、起磁力(kA)、等
(回答なし)

イ. 軌道

- ・ ガイドウェイ下部の鉄心コイルの諸元
最大電流(A)：1200A(加速時) 400A(定速走行時)
所要電力(kW)、起磁力(kA)：(回答なし)
- ・ 非接触給電装置(電磁誘導)の諸元：
入力電圧(V)、出力(kW)、発振周波数(kHz)：(回答なし)
速度80km/h以上での走行時に非接触給電により電力供給が行われ、それよりも遅い速度においては、バッテリーでまかなっている。

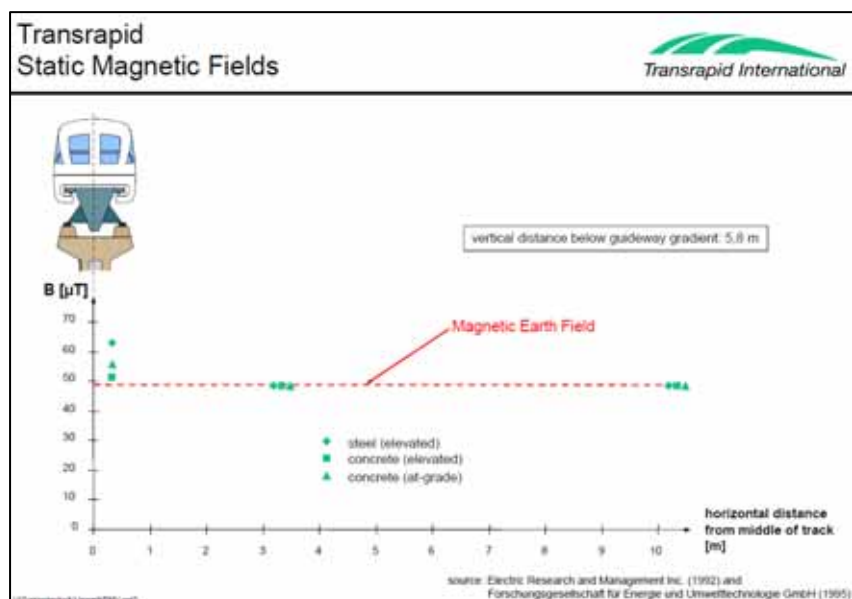
ウ. 電力供給施設

- ・ 営業区間における変電所の設置間隔
：およそ30kmに1箇所(技術的限界としては50kmに1箇所必要)
- ・ 軌道への電力供給 電圧(V)、周波数の制御幅(Hz)：(回答なし)

電磁界の実測事例

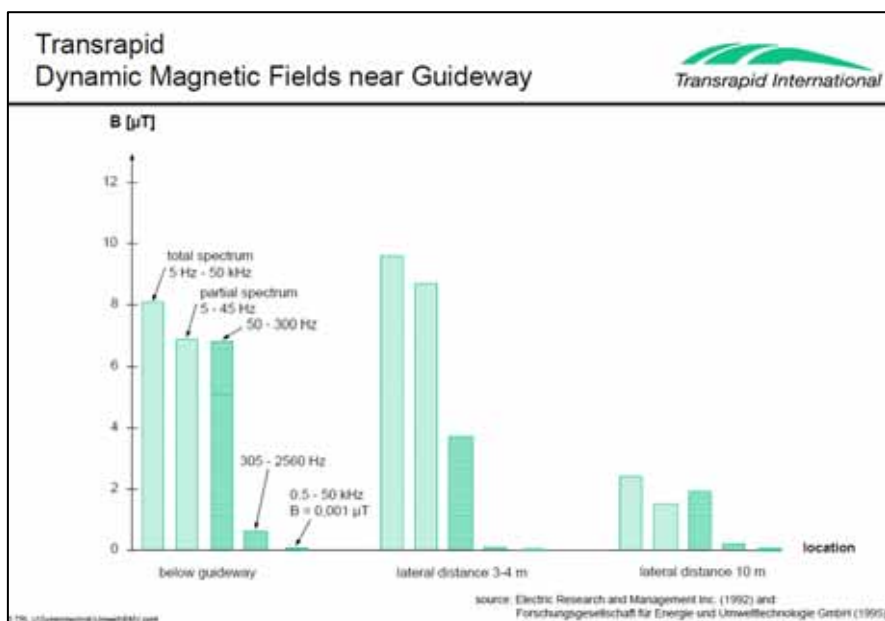
ア. 沿線

沿線静磁界の実測例によれば、高さ5.8mの高架下における磁束密度は、軌道中心から1m未満においては地磁気を上回る静磁界が測定されているが、3m以上ではほぼ地磁気と同程度(約50 μ T)まで低減している。



資料提供：Reiner Köhler, Senior Engineer with ThyssenKrupp Transrapid GmbH

沿線変動磁界（超低周波～中間周波）の実測例によれば、45Hz までの低い周波数において磁束密度は高く、305Hz 以上の周波数ではごく低い値となっている。水平距離別にみると、45Hz までの周波数ではガイドウェイ直下よりも 3～4m 離れた位置の方が値が高く、10m まで離れると大きく低下している。

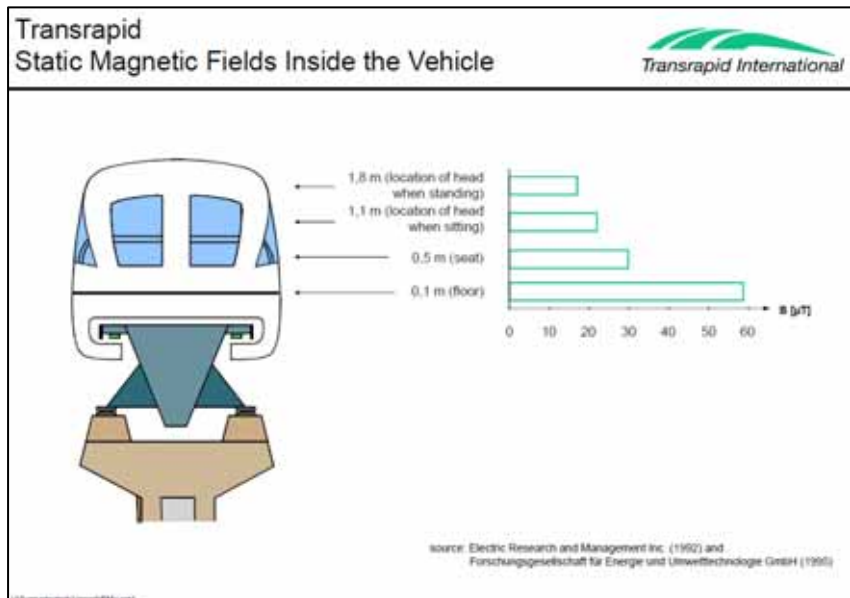


資料提供：Reiner Köhler, Senior Engineer with ThyssenKrupp Transrapid GmbH

イ. 車両内

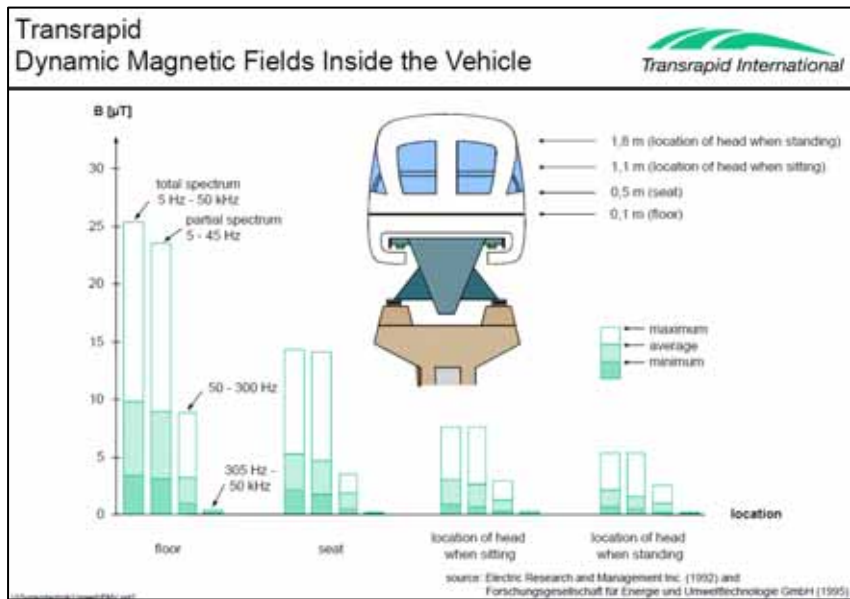
環境影響評価とは直接関係しないが、車両内での実測事例を参考として以下に引用した。

車両内静磁界の実測例によれば、床上 0.1m において $60\mu T$ と地磁気よりも高い値を示すが、座面高さ 0.5m では $30\mu T$ とほぼ半減している。



資料提供：Reiner Köhler, Senior Engineer with ThyssenKrupp Transrapid GmbH

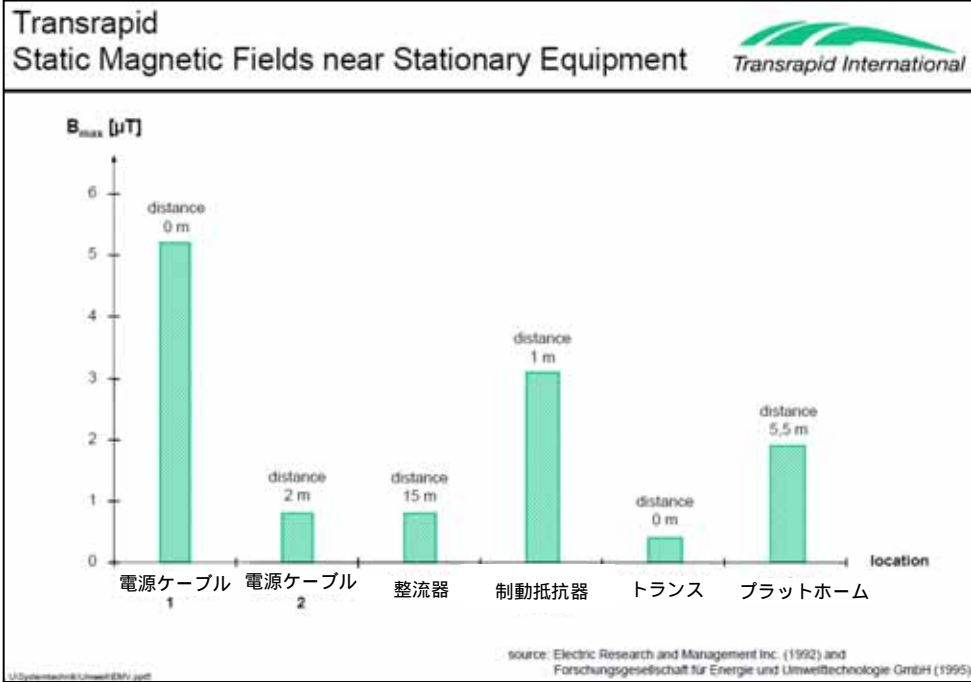
車両内変動磁界の実測例によれば、全周波数の変動磁界は床上 0.1m で約 25 μ T、座面 0.5m で約 15 μ T となっている。



資料提供：Reiner Köhler, Senior Engineer with ThyssenKrupp Transrapid GmbH

ウ. その他

固定装置付近の静磁界の実測例によれば、電源ケーブル真横(距離 0m)で最大 5 μ T 強の値が記録されている。機器ごとに測定された距離が異なるため、強度の比較は難しい。



資料提供 : Reiner Köhler, Senior Engineer with ThyssenKrupp Transrapid GmbH

3) リニモ (HSST)

電磁界の発生源となる設備

(営業距離: 8.90 km、電磁吸引支持・車上一次リニア誘導モータ方式)

ア. 車両

- ・ 1列車あたりの車両数: 3両編成
- ・ 1車両における電磁石ユニットの配置数及び1ユニットあたりの電磁石数
: モジュール片側5台を連続配置。1モジュールにU字型電磁石コイル4個
- ・ 浮上用電磁石の諸元
電圧 (V): DC275V
最大電流 (A): 定格 28.6A MDU 出力 45A
起磁力 (kA): 8,700AT
チョッピング周波数 (Hz): 4,000Hz

イ. 軌道

- ・ リニアモーターの諸元
最大電流 (A): 344A
起磁力 (kA): データなし
周波数の制御幅 (Hz): VVVF の周波数 0~90Hz

ウ. 電力供給施設

- ・ 営業区間における変電所の設置間隔: 全区間 8.9km で1箇所
- ・ 軌道への電力供給
集電靴方式、電圧: 直流 1500V

電磁界の実測事例

ア. 車両内

愛知医科大学循環器内科 水谷登准教授がリニモ車両内における電磁障害の影響の検討を行っており、その際の実測値を図 に示した。

表 3.1 - 1 リニモ車両内における磁界および電界強度

| Linear motor car (HSST) | 磁界強度 | | 電界強度 (Volt/m) |
|----------------------------|-------|-------|------------------|
| | 低磁界領域 | 高磁界領域 | |
| | (mT) | (nT) | |
| 列車から 40cm (着地) | 0.12 | 0.055 | 0.46 |
| 列車から 40cm (浮上) | 0.20 | 0.165 | 0.54 |
| 列車から 150cm (浮上) | 0.20 | 0.054 | 0.62 |
| 乗車 | 0.13 | 0.093 | 0.92 |
| VVVFの近傍、座席 (移動中) | 0.13 | 48 | 2.95 |
| VVVFの近傍、座席 (停車) | 0.04 | 110 | 0.36 |
| Reactor の近傍、座席 (移動中) | 0.09 | 48 | 2.45 |
| Reactor の近傍、座席 (停車) | 0.05 | 123 | 1.46 |

注：出典資料では、「低磁界領域」の測定値を「直流磁界」の値とみなしている。

出典：日本心臓ペースメーカー友の会「かていてる Vol.35 No.6」

イ. 沿線

「都市高速鉄道 東部丘陵線 環境影響評価事後調査報告書(第3回)」(愛知県・名古屋市・愛知高速交通株式会社、平成17年11月)におけるリニモ供用後の沿線における実測結果は下表のとおりであり、静磁界、超低周波磁界とも事前調査時とほぼ同水準となっている。

表 3.1 - 2 リニモ沿線における測定結果

| 調査点 | 地面からの 高さ (m) | 直流磁界 (mT) | | | 交流磁界 (mT) | | |
|-----------|-----------------|-----------|-------|-------|-----------|------|-------|
| | | 事前調査 | 試運転時 | 供用時 | 事前調査 | 試運転時 | 供用時 |
| 藤が丘工場周辺 | 0 | 0.057 | 0.036 | 0.043 | ND | ND | ND |
| はなみずき通駅周辺 | 1 | 0.048 | 0.031 | 0.049 | ND | ND | 0.001 |
| (都)高根線 | 1 | 0.057 | 0.046 | 0.046 | ND | ND | ND |
| 木入ヶ池公園駅周辺 | 1 | 0.049 | 0.041 | 0.039 | ND | ND | ND |
| 芸大通駅周辺 | 1 | 0.048 | 0.034 | 0.042 | ND | ND | ND |
| 万博八草駅周辺 | 1 | 0.049 | 0.053 | 0.049 | ND | ND | ND |

出典：「都市高速鉄道 東部丘陵線 環境影響評価事後調査報告書(第3回)」

(愛知県・名古屋市・愛知高速交通株式会社、平成17年11月)

ウ. その他

その他の実測例についての情報は得られなかった。

(3) 超電導リニアから発生する電磁界の特徴

(2) 1) で整理した超電導リニアから発生する電磁界に関する情報を踏まえ、環境影響を検討する上で考慮すべき特徴を整理すると次のとおりである。

- 超電導磁石から強い静磁界が発生（電界は極めて小さい）
- 500km/h で通過 地上では約 6Hz の超低周波磁界
- 地上コイルから約 50Hz 以下の超低周波磁界が発生
- これら磁界の発生箇所は車両とともに移動
- 1 列車通過に要する時間は最短で 3 秒（500km/h）

以上の整理から、環境影響評価で検討の対象とすべき電磁界の種類としては、「静磁界」及び約 6Hz までの周波数の「超低周波磁界」が挙げられる。人の健康への影響や防護対策を検討する際には、これらの帯域を中心に情報の整理を行うこととする。

山梨実験線沿線における実測結果によれば、静磁界(0Hz)及び超低周波磁界(～約 12Hz) は同じ値を示し、線路脇において 0.19mT、高架下において 0.02mT であり、いずれも静磁界及び超低周波磁界の ICNIRP のガイドライン値を下回っていた。

また、参考として引用した車両内の磁束密度は、静磁界が 1.33mT、超低周波磁界(約 12Hz) が 0.11mT であり、同様に ICNIRP のガイドライン値を下回っていた。

2.1 電磁界に関する一般的な情報(3)において身の回りの磁束密度を整理したが、その範囲は概ね以下のとおりであった。

電気機器：0.00285mT(ヘア 드라이ヤー)～0.0104mT(電気カーペット)[50～60Hz]

電力施設：0.00113mT(配電線の下)～0.01007mT(送電線の下での最大値)[同上]

医療機器：200mT～3000mT(3T)(MRI等)[0Hz(静磁界)]

地磁気：約 0.050mT(日本付近)

静磁界については、線路脇ではバックグラウンドとなる地磁気の約 4 倍、高架下では約 0.4 倍の値となっている。

静磁界以外については、周波数が異なる点を度外視して単純に磁束密度を比較した場合、超電導リニア沿線における磁束密度は、身の回りの電気機器や送電線から受ける最大のものの約 2 倍程度の値となっている。なお、健康への影響については周波数による違いもあることから、必ずしも単純に影響が 2 倍とはならない点に留意する必要がある。

第4章 電磁界の人への健康影響の把握

4.1 収集資料

(1) 人への健康影響の観点

電磁界による人への健康影響の観点から様々な情報提供を行っている国際組織である、世界保健機構（WHO）、国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）の発行文書を収集し、健康影響に関する一般的な知見を整理した。

1) 世界保健機構（WHO）

WHO は、さまざまな電磁界の健康影響についての見解をファクトシート、情報シート、環境保健クライテリアとして発表している。

ファクトシート

- 181「国際電磁界プロジェクト」(1998/5)
- 182「物理的特性と生体への影響」(1998/5)
- 183「無線周波電磁界の健康影響」(1998/5)
- 184「公衆の電磁界リスク認知」(1998/5)
- 193「携帯電話」(2011/6)
- 201「ビデオディスプレイ装置（VDUs）」(1998/7)
- 205「超低周波（ELF）」(1998/11)
- 226「レーダと人の健康」(1999/6)
- 263「ELF電磁界とがん」(2001/10)
- 296「電磁過敏症」(2005/12)
- 299「静的な電界および磁界」(2006/3)
- 304「基地局および無線技術」(2006/5)
- 322「超低周波電磁界への曝露」(2007/6)

情報シート

- 「中間周波（IF）」(2005/2)
- 「電子レンジ」(2005/2)

環境保健クライテリア

- 232「静電磁界」(2006/3)
- 238「超低周波電磁界」(2007/6)

2) 国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）

ICNIRP は、電磁界を含む非電離放射線による健康被害について研究を行い、曝露限度に関するガイドラインを公表している。

ガイドライン

- 静磁界の曝露限度値に関するガイドライン(2009)
- 時間変化する電界および磁界への曝露制限に関するガイドライン(1Hz から 100 kHz まで)(2010)

ファクトシート等

静磁界の曝露限度値ガイドライン (Health Phys 96(4) : 504-514 ; 2009) に関するファクトシート

ICNIRP ステートメント - ミリ波全身画像技術に係わる健康問題

(2) 動植物への影響の観点

電磁界による動植物への影響に関する情報として以下のものを収集した。

情報シート (WHO)

「電磁界の環境影響」(2005/2)

Effects of Electromagnetic Fields on the Living Environment (ICNIRP 2000年)

電力中央研究所 研究報告書 U42 商用周波磁界の生物影響研究 (平成13年4月)

電力中央研究所 研究報告書 V04 中間周波磁界の生物影響評価 (平成24年5月)

4.2 要約

(1) 人の健康への影響

1) 静電磁界による影響

WHO ファクトシート 299「静的な電界および磁界」(2006/3)より

静磁界の急性の影響は、人の動き、または血流や心拍のような身体内部の動きなどの運動が静磁界中で行われている時にのみ、起きる可能性が高まる。2T (テスラ) 以上の静磁界中で動く人は、目眩や吐き気、時には口内の金属味などの感覚、および閃光の感知を体験することがある。一時的に生じるだけではあるものの、そのような影響は細心の注意を要する作業を遂行中の作業員 (例えば、MRI 装置内部で手術中の外科医) にとって、安全上の影響を生じる可能性がある。

静磁界は、血液中を移動する (イオンのような) 電荷に力を及ぼすことで、心臓および主要血管の周囲に電界および電流を発生させ、僅かながら血液の流れを妨げる。それによって生じる可能性のある影響としては、心拍数の僅かな変化から、(心室細動のような) 致命的な心臓リズムの異常 (不整脈) のリスク上昇まで広範囲に及ぶ。ただし、このような急性の影響は 8T 以上の静磁界中でのみ起きる可能性がある。

これまでのところ、質の高い疫学研究または長期的な動物実験研究がないため、mT (ミリテスラ) レベルの静磁界への曝露でも何らかの長期的な健康影響があるか否かを判断することはできず、現時点では、静磁界のヒトに対する発がん性は分類できていない (IARC, 2002)。

ICNIRP 静磁界の曝露限度値ガイドラインに関するファクトシート

静磁界と生体物質との相互作用の物理的メカニズムとして確立されたものは、磁気誘導、磁界力学的相互作用および磁界電子相互作用の3つである。

静磁界の生物学的影響の可能性について多数のインビトロ研究が行われており、細胞配向、細胞成長、代謝活性、遺伝子発現などの評価項目が分析された。全体としてこれ

らの研究は、磁束密度が数テスラまでの磁界曝露の有害影響の確実な証拠を示していない。動物実験研究は、約 4 T またはそれ以上の磁界で見られた嫌悪反応および条件回避は前庭器官に起因すると考えられることを示している。

約 0.1 T 以上の静磁界は流動電位を、心臓内部および周囲とその他の主要血管に、特に著しく誘導するが、その健康に関する重要性は明らかでなく、また、8 T までの静磁界曝露の神経学的影響または心臓血管機能、胎児発達、発がん、その他の評価項目への影響に関して、臨床上重要なものは見いだされなかった。

ヒトの実験研究では、8 T までの静磁界曝露の明白な生理学的影響は見いだされなかったが、例外として、収縮期血圧の小さな増加がみられた。モデル計算に基づけば、15 T を上回る磁界レベルにおいてのみ臨床的に意味のある血流低下が予測される。ボランティア研究において、8 T までの静磁界曝露の、上記以外の心臓血管機能、体温、記憶、会話、聴覚 - 運動反応時間への影響、または何らかの深刻な健康影響の証拠はない。目と手の協応運動や視覚コントラスト感度への影響についていくつかの証拠がある。2-3 T の静磁界は、眼球や頭部を動かした時に吐き気、目眩、金属味、磁気閃光など一過性感覚作用を起こす場合がある。その感受性は個人間で変動し、その作用は磁界内をより遅く動くことによって、最小化または排除できる。

静磁界曝露した人の長期的な健康に関する疫学的データはほとんどなく、MRI 操作者など潜在的な高度曝露群に関しては一つもない。利用可能な疫学的研究は、アルミニウム精錬所や塩素アルカリ工場での作業または溶接工としての作業で数 10 mT までの静磁界に曝露した作業者に関するもので、方法論的限界を有しているが、がん発生率、生殖およびその他の調査項目において上記レベル曝露の強い影響を示していない。

2) 超低周波電磁界 (ELF) による影響

WHO ファクトシート 322「超低周波電磁界への曝露」(2007/6)より

短期的影響：

高レベル (100 μ T を十分上回るもの) の急性曝露によって起きることが確認されている生物学的影響があります。これはよく知られた生物物理学的なメカニズムによって説明されています。外部の ELF 磁界は身体内に電界および電流を誘導しますが、その強度が非常に高いと神経および筋肉の刺激および中枢神経系の神経細胞の興奮性の変化を引き起こします。

長期的影響：

ELF 磁界曝露による長期的なリスクを調べた科学的研究の多くは、小児白血病に焦点を当ててきた。2002 年、IARC は ELF 磁界を「ヒトに対して発がん性があるかも知れない」と分類したモノグラフを公表した。この分類は、ヒトにおける発がん性の限定的な証拠があり、かつ実験動物における発がん性の証拠が十分ではない因子であることを意味する (ELF 磁界以外の例ではコーヒーや溶接蒸気等が該当する)。このように分類された根拠は、疫学研究のプール分析で、0.3 ~ 0.4 μ T を上回る商用周波の居住環境磁界への平均的曝露に関連して小児白血病が倍増するという一貫したパターンが示されたためである。タスクグループは、それ以降に追加された研究によってこの分類が変更され

ることではないと結論した。

しかしながら、疫学的証拠は、選択バイアスの可能性など手法上の問題によって弱いものになり、加えて、低レベルの曝露ががん発生に關与することを示唆するような生物物理学的メカニズムとして正当と認められたものはない。もしこのような低レベルの磁界への曝露によって何らかの影響があるとすれば、それは今のところ未知の生物学的メカニズムによるものでなければならない。加えて、動物研究は主として影響なしとの結果を示している。したがって、これら全てを考慮すれば、小児白血病に關連する証拠は因果關係と見なせるほど強いものではない。

小児白血病はかなり稀な疾患であり、全世界で一年間に新たに発生する症例数は、2000年は49,000人と推定されている。住宅内での平均磁界曝露が0.3 μTを上回ることは稀であり、そのような環境に住むのは、子供の1%～4%であると推定されている。もし磁界と小児白血病との關連が因果關係であるならば、磁界曝露が原因であるかも知れない症例数は、2000年の数値に基づいて、全世界で年間100～2400人の範囲と推定される。これは、同年の発生数の0.2～4.95%に相当する。したがって、仮にELF磁界が実際に小児白血病のリスクを高めるとしても、全世界的に考えれば、ELF電磁界曝露が公衆衛生に及ぼす影響は限定的と考えられる。

3) 中間周波電磁界による影響

WHO 情報シート「中間周波 (I F)」(2005/2)より

電磁界 (主に電界) と生体との相互作用のメカニズムは、熱的および非熱的影響の両方について十分に確立している。一定の曝露条件下で最も低いしきい値で起きる (熱的あるいは非熱的の) 有害な影響が制限の対象となる。IF 範囲内で周波数が高い領域の強電磁界は熱的損傷 (一定時間、組織が高温に保たれることを要件とする比較的ゆっくりしたプロセス) を引き起こすことがあるが、最も明白な傷害は身体内部での急性電流曝露が原因となり細胞膜の興奮が起こることです。この非熱的メカニズムは外部電磁界によって誘導される膜電位の変化の結果生じるものであり、例えば、末梢神経および筋細胞の刺激などを起こす。もう一つのメカニズムは電気穿孔である。これは、電磁界によって細胞膜内外間に誘導された過剰な電位により、可逆的あるいは不可逆的に細胞膜に穴が開くことである。この方法は電気ショックによる組織損傷を起こすことがあるが、治療を目的として短い電界パルスにより人体組織への薬物透過性を高める研究も行われている。

外部の IF 電磁界は身体内部にこれらの影響を引き起こすが、それは典型的な環境電磁界レベルよりも何倍も高い電磁界強度においてのみ起こるものである。

4) 高周波電磁界による影響

WHO ファクトシート 183「無線周波電磁界の健康影響」(1998/5)より

RF (無線周波数 Radiofrequency) 電磁界曝露は身体組織に熱を生じさせることがある。熱を生じさせることは高い周波数範囲 (10 MHz 以上) の RF 電磁界での主な相互作用である。

国際電磁界プロジェクトが主催した WHO の科学的レビュー（ミュンヘン、1996 年 11 月）の結論は、現在の科学的文献によれば、RF 電磁界曝露が人の寿命の短縮、がんの誘発または促進を起こすことについての説得力のある証拠はない、というものである。

しかし、同レビューでは、健康リスクのより完全な把握のため、特に低レベルの RF 電磁界曝露によるがんリスクの可能性について、一層の研究が必要であることも強調している。

（２）動植物への影響

１）WHO によるレビュー

WHO 情報シート「電磁界の環境影響」(2005/2)より

動物への影響：

動物を用いた電磁界影響の研究の大半は、人の健康への有害な影響の可能性を調べるために行われてきた。これらの研究は、毒性学研究に用いられる標準的な実験動物、例えばラットおよびマウスで一般的に行われるが、遺伝毒性的影響を調べるために寿命の短いハエなどの種を用いた研究もある。一方、電磁界が野生動物および家畜などの動物種に対し有害な影響を及ぼすか否かについては、以下の動物種で検討されている。

- ・ 方位確認および飛行の手がかりに用いられると思われる要因の 1 つとして、自然の静磁界（地磁気）を頼りにしている動物種。個別には、特定の種類の魚・爬虫類・ほ乳類、および渡り鳥など。
- ・ 電力線（50/60Hz）の下または放送用アンテナ近くに放牧されている家畜（豚、羊、牛など）。
- ・ 高出力無線周波アンテナの主ビームおよびレーダビームを通り抜けるか、または電力線近傍の高強度の超低周波電磁界を通り抜けることがある飛行動物（鳥および昆虫など）。

今日までの研究からは、ICNIRP のガイドラインを下回るレベルで、電磁界が動物相に影響を及ぼすことを示す証拠はほとんど見出されていない。特に、電力線下で放牧されている牛に対する有害な影響は見出されていない。一方、1 kV/m を上回る電界内で昆虫の飛行能力が弱まることは知られているが、そのような影響が顕著に見られるのは、導電性の巣箱を電力線の直下に置かれたミツバチのみである。絶縁も接地もせずに導体を電界中に置くと、その導体は電荷を帯びて、動物、鳥類および昆虫類に傷を負わせたり、行動を混乱させたりする。

植物への影響：

植物および作物を 50-60Hz の電磁界に曝露させた野外研究では、環境中で通常見られる電磁界レベルでも、また、最高で 765 kV 電力線直下の電磁界レベルにおいてさえも影響は見られていない。ただし、植物の成長に影響を与える環境条件（土壌、天候など）の規定要因は変動するため、電界曝露によって生じたかも知れない弱い影響は観測できなかったとも考えられる。ICNIRP のガイドラインレベルを大きく上回る電界強度で、葉の先端部でのコロナ放電により樹木の損傷が起こることはよく知られている。そのようなレベルの電界は超高压電力線の導体の直近でしか見られないものである。

水生生物への影響：

すべての生物は地球の磁界（地磁気）に曝露されているが、海洋動物は、それに加えて地磁気の中を運動する潮流によって生じる自然の電界にも曝露されている。海中のサメやエイ、また淡水中のナマズなど電気感受性をもつ魚類は、電气的感覚器を用いて微弱な電界に反応して体の向きを定めることができる。何人かの研究者は、海底送電ケーブルに極めて接近した区域では、ケーブルからの人工電磁界がこれらの動物の探餌行動と航行能力を妨害するかも知れないことを示唆している。しかし、回遊魚（例えば、サケおよびウナギなど）および海底に生息する比較的移動の少ない動物（例えば軟体動物類）に対する海底ケーブルの影響を評価した今日までの研究では、大きな行動学的または生物学的な影響は見出されていない。

結論：

陸域および水域生態系に対する電磁界のリスクを取り扱った研究の数は限られているが、それらの研究からは、極めて強力な発生源の近くでのいくつかの影響以外には、大きな環境影響の証拠はほとんどあるいは全く示されていない。現在の知識によれば、人の健康を防護するための ICNIRP ガイドラインに定められた曝露制限値は環境も保護していると考えられる。

2) 電力中央研究所

商用周波磁界の生物影響研究（平成 13 年 4 月）

商用周波磁界の健康影響に関する基礎的知見を蓄積するとともに、本問題の関連情報を客観的かつ練合的に分析・評価し、その成果を社会に発信することを目的として、1990 年代中葉以降の主たる当所の研究成果（研究・調査報告書 40 件、国内外学会発表論文 62 件）を取りまとめた。

1 生物学研究

商用周波磁界曝露による生体影響現象の探索を目的に、研究作業仮説に基づき、細胞、微生物、実験動物に 50Hz 商用周波磁界（*）を曝露して、以下の結果を得た。

（1）細胞・分子レベル

1) 細胞内情報伝達・ラット免疫担当細胞における細胞内カルウムイオン濃度には、0.1 ~ 5mT の磁界曝露による影響はみられなかった。一方、ヒト白血病細胞におけるチロシンキナーゼのリン酸化は、14mT（通常的生活環境の 1 万倍程度）の磁界曝露により反応の増加がみられたが、14mT 以下ではみられなかった。

2) 遺伝子：大腸菌、酵母における遺伝子発現には、それぞれ 14mT、300mT の磁界曝露による影響はみられなかった。また、大腸菌、サルモネラ菌を用いた変異原性試験においても、14mT の磁界曝露による影響はみられなかった。

（2）生体防御・調節系レベル

1) 免疫機能：マウス免疫担当細胞のサイトカイン産生能や異物貪食能に 1 ~ 14mT の磁界曝露による影響はなく、マウスを用いたサイトカイン産生においても 1 ~ 350 μ T の磁界曝露による影響はみられなかった。

2) ホルモン：ヒビヤラットにおけるメラトニン、テストステロンの分泌に、1 ~ 350 μ T

の磁界曝露による再現性のある影響はなかった。

- (3) 疾病/障害 ヒヒやラット、ハムスターを用いた神経障害（社会・学習行動）、生殖機能、腫瘍（がん）に関する実験で、7～350 μ T の磁界曝露による影響はみられなかった。

当所で実施したこれまでの研究結果、および、内外の研究機関における生物学的、疫学調査結果を総合的に分析・評価し、「少なくとも現在の生活及び職場環境における商用周波磁界が、ヒトの健康に悪影響を与えるという科学的根拠はない」との認識に達した。

注)* 細胞・分子レベルの研究では、一部の研究で「数 μ T(10mG) オーダーで影響あり」と報告されているが、その再現性は確認できていなかったため、どのレベルから再現性のある影響が発現するのかを明らかにすることを目的として、多くの実験で最大 14mT（生活環境レベルの約 1 万倍程度）の曝露実験を行った。一方、実験動物を用いた研究では、再現性のある腫瘍促進効果が 100 μ T でみられたとの報告が出されたことから、多くの実験で、この強度を含む複数の磁界強度を同時に設定し、強度依存性の生体反応の有無を明らかにすることを目的として曝露実験を行った。

中間周波磁界の生物影響評価（平成 24 年 5 月）

中間周波磁界^{注1)}を利用した電磁誘導加熱器などの電気機器^{注2)}が一般家庭に普及するにつれ、その健康影響に関する社会的関心が高まっている。

発がん性の初期スクリーニング試験として、遺伝毒性とプロモーション作用の有無を遺伝毒性試験および形質転換試験で明らかにすること、生殖発生毒性については、鶏胚あるいはげっ歯類（ラット）を用いた生殖発生毒性試験を行い、その影響を明らかにすることを目的とした。

1 細胞を用いた発がん性に関する初期スクリーニング試験

(1) 遺伝毒性試験

2kHz (0.91mT (ICNIRP ガイドライン^{注3)}の 23 倍))、20kHz (1.1mT (同 41 倍)) あるいは 60kHz (0.11mT (同 41 倍)) の中間周波磁界の遺伝毒性は、点突然変異や組換え、欠失などの染色体異常について、微生物、ヒトを含む動物培養細胞を用いて評価した。その結果、曝露した中間周波磁界に遺伝毒性はないことが明らかとなった。

(2) プロモーション作用に関する試験

がん遺伝子が導入されたマウス由来細胞を用いた形質転換試験により、上記中間周波磁界のプロモーション作用の有無を評価した。その結果、曝露した中間周波磁界にプロモーション作用はないことが明らかとなった。

2 実験動物を用いた生殖発生毒性試験

(1) 鶏胚を用いた発生毒性試験

20kHz (1.1mT) あるいは 60kHz (0.11mT) の中間周波磁界を、鶏胚の発生開始から発生初期、器官形成期、器官成長期、および、ふ化前まで曝露した結果、発生への影響はないことが明らかとなった。また、既知の催奇形性物質を投与後に磁界を曝露した試験から、磁界は催奇形性物質による発生異常を増強しないことが明らかとなった。

かとなった。

(2) ラットを用いた生殖発生毒性試験

ラットの胚および胎児の発生期間における器官形成期(妊娠7~17日)に、20kHz(0.20mT)あるいは60kHz(0.10mT)の中間周波磁界を曝露したが、磁界はラットの発生過程に影響を与えないことが明らかとなった。また、雌雄親ラットを交配前2週間、交配中および妊娠7日目までの着床前期に曝露した試験でも、磁界は親の受胎能および初期胚の発生に影響を与えないことが明らかとなった。

以上の結果から、本研究で用いた高い磁束密度の中間周波磁界は、細胞レベルでは発がんに至る遺伝毒性(イニシエーション作用)、プロモーション作用機構に寄与しないことが明らかとなった。また、実験動物の正常な胚発生において奇形などの発生異常を増加させることはなく、不妊や流産などの生殖機能の異常も引き起こさないことが明らかとなった。

注1 WHOの定義による中間周波帯は、300Hz~10MHzを指している。

注2 電磁誘導加熱を利用した家電製品では、主に20kHzや60kHzの磁界が用いられている。また、細胞研究で使用した2kHzは鉄道などのインバータから発生する周波数である。

注3 2010年に国際非電離放射線防護委員会によって改訂された1Hz - 100kHzの電磁界に対する一般公衆に対するガイドライン。曝露磁界は本装置の最大磁界であり、これを用いることで、IF磁界の安全性評価を行うために、既往の研究に比べ十分に高い曝露条件で実験が可能である。

4.3 専門家へのヒアリング

(1) ヒアリング調査実施状況

電磁界による人への健康影響に関する知見を、分子生物学、疫学、体内植え込み型機器、過敏症の観点から得るため、下表に示す専門家を対象にヒアリングを実施した。

表 4.3 - 1 電磁界の人への健康影響に関するヒアリング実施状況

| 氏名 | 所属 | 専門分野 | ヒアリング期日 | ヒアリング事項 |
|------|------------------------------------|------------------------|------------------------|---|
| 池畑政輝 | (財)鉄道総合技術研究所 人間科学研究部 生物工學研究室 主任研究員 | 分子生物学、鉄道技術 | 2012年12月25日 (火) 13:30~ | <ul style="list-style-type: none"> 電磁界の曝露による生体影響のメカニズムについて リニアから発生する電磁界による健康影響の可能性について |
| 宮越順二 | 京都大学 生存圏研究所 生存圏電波応用分野 特定教授 | 電磁波生命科学、放射線生物学、分子細胞生物学 | 2013年1月9日 (水) 14:00~ | <ul style="list-style-type: none"> 電磁界の曝露による生体影響のメカニズムについて リニアから発生する電磁界による健康影響の可能性について |
| 山口直人 | 東京女子医科大学 大学院 教授 | 疫学、公衆衛生学 | 2013年1月11日 (金) 13:30~ | <ul style="list-style-type: none"> 疫学の観点からみた電磁界の曝露による健康影響について リニアから発生する電磁界による健康影響の可能性について |
| 豊島 健 | USCI ホールディングス(株) 日本メディトロニック株式会社 | 体内植え込み型機器のEMC技術 | 2012年12月17日 (月) 14:00~ | <ul style="list-style-type: none"> 電磁界の曝露によるペースメーカー等の機器への影響について リニアから発生する電磁界による影響の可能性について |
| 宮田幹夫 | 北里大学 名誉教授 | 化学物質過敏症 | 2012年12月19日 (水) 13:30~ | <ul style="list-style-type: none"> 電磁過敏症の症例について リニアから発生する電磁界による健康影響の可能性について |

Electro-Magnetic Compatibility (電磁的な不干渉性)

(2) ヒアリング結果

1) 池畑政輝氏

日時：平成24年12月25日(火)13:30~

場所：(財)鉄道総合技術研究所

参加者：鉄道総合技術研究所 人間科学研究部 生物工学 主任研究員 池畑 政輝氏
(株)ブレック研究所 村瀬、柴田

議事要旨：

電磁界の曝露による生体影響のメカニズムについて

- あくまでも実験の状況証拠からの推測であるが、強い静磁界(1~5T)への曝露により、生物に対し酸化的ストレス的なものがかかるのではないかというデータが得られ

ている。スピン化学の分野では、ある特殊なラジカルを経由する化学反応に強い外部磁界がかかると、ラジカルの励起状態の遷移に影響し、その結果化学反応により得られる化合物の収率が変るといことが見られる。生物影響に関して得られたデータを解釈する際にそういうことも関係するのではないかと考えている。

- ・ WHO や ICNIRP のガイドライン等において科学的に認められている生体影響のメカニズムとしては、低周波側では刺激作用、100kHz 以上では熱吸収作用などが挙げられる。
- ・ 商用周波数 (50 ~ 60Hz) の電磁界が小児白血病の発症リスクをわずかに高めるとする疫学研究事例がある。ただし、手続き上やむを得ない交絡因子などの影響が排除しきれていないため、科学的な根拠としては弱い。また、疫学研究で得られているリスクを動物実験などで再現することは難しく、細胞レベルでの詳細な研究においても、生体影響のメカニズムを説明するまでには至っていない。
- ・ iPS 細胞の利用など、現在進展著しい研究手法を応用し、白血病をより具体的に研究する環境が整えば、この分野の研究が進むのではないか。

リニアから発生する電磁界による健康影響の可能性について

- ・ リニアの超電導磁石から発生する磁界の強さは、磁石の表面で考えた場合、MRI と比べても遜色ないレベル (MRI の方が少し強い程度)。なお、研究段階の MRI では、磁界の強さが 7~9 T くらいの装置も開発されていると聞いている。
- ・ 具体的な超電導磁石の磁界の強さは、電磁石の表面付近で 1T 程度である。
- ・ 強い静磁界が高速で通過することに伴いパルス状の変動磁界が発生するが、実際に発生するパルスの波形は滑らかであり、矩形のいわゆるパルス状ではない。
- ・ ペースメーカーに関するメーカー側の自主的なガイドラインにおいて、1mT での動作が問題ないことを保証する製品規格がある。これとは別に、病院における MRI 検査室付近で一般の方がアクセスできる場所の磁界の強さを 0.5mT 以下とする自主規制がある。
- ・ リニアでは、複数の発生源から異なる周波数の磁界が発生すると考えられる。静磁界や個々の周波数での影響が出なくても、それらが合わさった条件でも影響が出ないとは言い切れない。そのため、乗務員や乗客への健康影響を評価する際には、実際に生じる条件を想定した評価が必要である。

中央リニア新幹線の環境アセスメントで留意すべき事項

- ・ 基本的に、超電導磁石からの離隔を確保できれば、磁束密度は短期曝露による神経刺激などの健康影響がない水準まで下がると考えられる。
- ・ リニアから発生する電磁界としては、静磁界及び低周波電磁界が注目されているが、高周波成分についても審査する上では考慮した方がよいと思われる。(例：事業者が高周波や高調波成分の検出状況を確認する等)
- ・ リニア車両への非接触集電の際に、kHz 帯の電磁界が発生する。沿線に対する影響は小さいと思われるが、審査する上では考慮したほうがよい。kHz 帯の電磁界について

の研究事例数は、商用周波数帯（50/60Hz）や携帯電話の周波数（GHz）と比べて少ない。ただし、IH 調理器の研究等、近年増えている。

- ・リニアによる磁界の測定結果（小委員会資料）を見ると、数値の範囲が 0～1.5mT である。ペースメーカーの自主ガイドライン値 1mT と近いため、ペースメーカーに対する影響は考慮すべき点といえる。ただし、近年、電磁界に耐性を持つペースメーカーも開発されてきている。
- ・リニア沿線の磁界の強さは 0.2mT 程度であるが、地磁気（0.05mT）と比べると大きいいため、地磁気を利用する動物（例：微生物、伝書鳩、ミツバチ）への影響が生じる可能性がある。例えば、沿線近くに養蜂家がいる場合など、実際に苦情が発生する可能性があるという点に留意した方がよいかもしれない。

参考となる文献資料等について

- ・ICNIRP が、0～1Hz 帯におけるガイドラインを作成中。これは、MRI 等の強い静磁界の中で人が動くようなケースを想定したもの。
- ・低周波や kHz 帯の電磁界に関する論文はいくつか出ているが、特に大きな影響力を持つようなものはない。

その他

- ・鉄道の場合、発生源と人との距離が近いいため、人が受ける電磁界は送電線から発生するものよりも強い傾向にある。ただし、曝露される時間は短い。磁界の影響を個人曝露評価によって研究した例では、生活時間帯の中で朝夕の通勤時間帯において曝露量が多いという結果が得られている。
- ・WHO は、科学的に確立された知見に基づかない政策（例：科学的根拠もなく WHO の制限値の半分を規制値とする等）を推奨していない。しかし、実際に、海外において政治的な観点から設定された規制値の例は存在する。
- ・電磁界過敏症については、主に携帯電話等の周波数帯が問題となっているが、症状の訴えはあるものの病気としては分類されていない状況。人を使った実験でも電波を感じることができた被験者はいなかった。東海大学の坂部先生が化学物質も含めて過敏症の症例を全国的に集め研究をされると聞いている。
- ・上海のトランスラピッドや愛知のリニモは磁気回路が構成される浮上方式のため、磁界が外部に漏れにくい。超電導リニアはそれに比べると、電磁界が外部に漏れやすい構造であり、漏洩磁界が十分減衰するための用地確保などの対策が取られるとのことである。

2) 宮越順二氏

日時：平成 25 年 1 月 9 日（水）14:00～

場所：京都大学宇治キャンパス

参加者：宮越順二 京都大学特定教授

（株）プレック研究所 村瀬

議事要旨：

電磁界の曝露による生体影響の種類・メカニズムについて

- ・ 静磁界に特化してお話することとしたい。
- ・ 通常、人は MRI の強い静磁界に入っても平気だが、そこに入るには強い磁界勾配の場を通る必要がある。そのような強い磁場勾配があるところに長く留まった場合、細胞や遺伝子等へ影響があることが、超電導磁石を用いた研究で報告されている。
- ・ 静磁界そのものがかなり強くても、それが変動しなければ、人はほぼ安全な状態を保つことができると考えられる。
- ・ 5 T を超えるような静磁界では、細胞レベルで配向と呼ばれる現象が生じ、チューブリン等の細胞骨格を決めているものが磁束方向に並ぶことにより、細胞も一方向に並んでしまう。再生医学では、この現象を利用して筋肉等の再生する組織の細胞を配向させる研究も行われている。
- ・ また、数 T レベルの強い静磁界の下で、大腸菌の酸化ストレスに強い株と弱い株を用いた実験を行い、酸化ストレスが生じることを示した論文は我々のグループでも発表している。
- ・ 人は種々雑多なものがある環境で生きており、そうした外的因子が静磁界と一緒にあった時に「複合効果」や「併用効果」が生じる可能性があるが、そうした観点からの生体影響に関する実験データの報告は多くない。
- ・ IARC による静磁界と ELF（超低周波）の発がん性に関する評価は 2002 年に行われており、ELF 磁界は 2 B(ヒトに対する発癌性があるかも知れない)に区分されたが、静磁界についてはデータが少なく、決めきれないことから 3（ヒトに対する発癌性が分類できない）に区分された。

なお、IARC による高周波に関する発がん性評価は 2010 年 5 月に済んでおり、間もなくモノグラフが公表される見込み。

リニアから発生する電磁界による健康影響の可能性について

- ・ リニアから発生する 1 mT 程度の静磁界そのものによる健康影響は、ペースメーカーへの影響を除けば、ほとんど考えにくい。
- ・ ただし、静磁界に他の要因が加わり「相乗作用」が生じた場合にはひとつひとつは効果がなくても、合わさった時に影響が大きくなる可能性はある。たとえば、細胞レベルの実験において、7 mT の静磁界と FeCl_2 の存在下で DNA の損傷が有意に増えるという論文が出ている。
- ・ mT レベルの静磁界であっても、相乗作用をもたらす要因が体内に入ったり体内に存在する可能性があるような場合には、安全と断言することはできない。相乗作用をも

たらず要因について、論文を中心に調べ、必要と判断されれば、再現実験を含む新たな研究をしなければならない。

中央リニア新幹線の環境アセスメントで留意すべき事項

- ・磁界に関係しないことだが、騒音や振動によるストレスが人の健康に及ぼす影響が気になる。風力発電における低周波音も同様であり、リニアにおいてもそうした問題がないかは留意すべきである。
- ・上海トランスラピッドに乗車したことがあるが、郊外を走っているため、沿線に家があるような状況ではなく、電磁界による影響は気にする必要がない状況であった。リニア新幹線も路線から一定の距離を敷地として確保するのであれば、あまり問題はないのではないか。
- ・一般の人は、ガイドラインというものは、安全を保障する制限と理解している場合が多いが、たとえば携帯電話のガイドラインは脳腫瘍が起きない安全レベルを定めたものとはなっていない。ガイドラインは、不確実な影響まで考慮すると際限がなくなってしまうため、確実な影響に基づいて定められているものである。
- ・不確実な影響については、メカニズムに関する更なる研究が必要であり、WHO はそれを推奨している。
- ・例えば、静磁界ではないが、 $0.4\mu\text{T}$ 以上の低周波磁界で小児白血病が 2 倍になるという疫学的研究は繰り返し報告されており、そのメカニズムに関する研究が必要といわれている。EU では、昨年から Arimmora と呼ばれる小児白血病のメカニズムを研究するプロジェクトがスタートしている。
- ・低レベルの放射能による健康影響も同様だが、電磁界についてもリスクコミュニケーションが重要。特に沿線の住民にとっては一生の問題であるため、十分な説明が必要。

参考となる文献資料等について

- ・何らかの影響が見られたという論文はいくつか我々のグループでも発表している。
- ・静磁界による細胞レベルでの生体影響については、2006 年のレビュー「The review of cellular effects of a static magnetic field」である程度整理できている。

提供いただいた資料

題名：The review of cellular effects of a static magnetic field

著者：Junji Miyakoshi

出典：Science and Technology of Advanced Materials 7(2006)305-307

3) 山口直人氏

日時：平成 25 年 1 月 11 日（金）13:30～

場所：東京女子医科大学

参加者：東京女子医科大学 医学部 衛生学公衆衛生学第二講座 山口 直人教授
（株）プレック研究所 村瀬、柴田

議事要旨：

電磁界への曝露と健康影響との関連性について（疫学研究事例や明らかになっている知見）

- ・ 1979 年、米国コロラド州において、ワートハイマー氏とリーパー氏により、商用周波数の電磁界と小児ガンに関する症例対照研究が行われた。これが電磁界の健康影響に関する最初の疫学研究事例である。同研究では、「商用周波数（50～60Hz）の電線配置から推定される電磁界が高い場所に住む子供は、そうでない子供と比べ、小児ガンの発症率が高い」と報告された。同研究をきっかけに、その後、世界中で様々な研究が進められてきた。
- ・ 小児白血病となる確率は年間 10 万人に 4 人程度である。日本では数百人しかおらず、研究を行うには十分なサンプル数ではない。そのため、多くの既往研究で使用されたデータを蓄積し分析する「プール分析」と呼ばれる手法が用いられている。9 カ国での研究データに基づくプール分析（2000 年、アールボム氏）では、「 $0.4\mu\text{T}$ 以上で小児白血病が 2 倍」と報告された。日本での症例対照研究結果（2006 年、兜氏）においても、類似の結果が報告されている。
- ・ 症例対照研究では、オッズ比(OR)を求めることで症例群と対照群にリスクの差があるかどうかを見る。
$$\text{OR} = (\text{高曝露での発症者数} / \text{低曝露での発症者数}) / (\text{高曝露での非発症者数} / \text{低曝露での非発症者数})$$
- ・ 上述の「 $0.4\mu\text{T}$ 」は、高曝露と低曝露を区分する際の区分値であり、健康影響が出るかどうかの観点で求められた閾値ではない。 $0.4\mu\text{T}$ 以上の曝露グループとそれ以下のグループで健康リスクに有意差が出たことを示す。
- ・ 症例対照研究の結果の解釈に際しては、セレクションバイアスに注意する必要がある。セレクションバイアスとは、症例群の被験者集団が特定の曝露状況に偏ってしまうこと（送電線近くの患者の協力が得られやすい、遠くの患者の協力が得られにくい、など）で、症例群の曝露状況が患者母集団を正しく反映できないことを指す。
- ・ 小児白血病に関する症例対照研究に関しては、セレクションバイアスの可能性があること等が考慮され、2002 年の IARC のモノグラフではグループ 2B（発ガン性があるかもしれない）と評価されている。この評価は、2007 年の WHO による国際電磁界プロジェクトの結果でも変わっていない。
- ・ 商用周波数の電磁界に関し、白血病に次いで多い研究テーマとして、子供の脳腫瘍に関する研究がある。ただし、IARC のモノグラフではグループ 3（発がん性が分類できない）と評価されている。また、大人を対象とする研究としては、電線作業員の白血病に関する研究がある。こちらもグループ 3 と評価されていると聞いている。
- ・ 経済産業省が設置した電力設備電磁界対策ワーキンググループ（2008 年、山口先生は

委員として参加)では、磁界への長期曝露と小児白血病との関連性については因果関係が不明であるため、規制の根拠にはならないと判断した。なお、強い低周波磁界による急性影響に関しては組織への刺激作用という形で因果関係が確認されているため、規制が設けられている。

- ・電気鉄道の作業員を対象とした疫学的研究があったと聞いているが、はっきりしたデータは出ていなかったように思う。

電磁界の種類や強度の違いにより懸念される健康影響について

- ・MHz レベルの高周波では、生体への熱作用が確認されている。商用周波では、熱作用はないが刺激作用がある。
- ・携帯電話等に使用される高周波数の電磁界と脳腫瘍に関する症例対照研究では、「累積使用時間が 1,640 時間以上で神経膠腫のリスクが 1.4 倍になる」と報告されている。ただし、高周波の電磁界に対する IARC の評価はグループ 3 である。
- ・高周波数の症例対照研究は、(山口先生の研究グループで)現在進行中である。なお、携帯電話の電磁波の出力は、技術進歩により低下しており、また、スマートフォン普及により直接耳に当てる頻度が減っている可能性もある等、全体的な曝露量としては減っているかもしれない。

中央リニア新幹線の環境アセスメントで留意すべき事項

- ・電磁過敏症については、電磁界による健康影響が科学的に立証されているわけではなく、正式な病気としては認知されていない。環境アセスメントでは過敏症に対する影響まで評価する必要があるのか？
- ・微弱な低周波電磁界による小児白血病への影響など、因果関係が不確かな影響については、国としてどういうスタンスで取り組むかが明確になっていないため、評価が難しいのではないか。

参考となる文献資料等について

- ・WHO ファクトシートの他、商用周波数の電磁界に関する IARC の見解をまとめたものとして「Extremely Low Frequency Fields Environmental Health Criteria Monograph No.238」がある。
- ・電磁界情報センターウェブサイトでは、電磁界の健康影響に関する情報が整理されており、参考になる。

4) 豊島 健氏

日時：平成 24 年 12 月 17 日 (月) 14:00 ~ 15:00

場所：株式会社エムシー幡ヶ谷オフィス

参加者：USCI ホールディングス (株)

CRDM ビジネスユニットテクニカルフェロー 豊島 健氏

(株)プレック研究所 村瀬

議事要旨：

超電導リニアから発生する電磁界によるペースメーカーへの影響について

- ・ 1990 年から 10 年に一度くらいの頻度で J R 東海から相談を受けている。
- ・ 車内の静磁界については、1990 年頃に指摘した内容について、2000 年頃山梨実験線で実地検証を行っている。
- ・ ペースメーカーには動作チェックのための磁気スイッチがあり、ある程度の強さ (50 ガウス程度) の静磁界で磁気スイッチが入り、信号を出す。ペースメーカーの規格では、10 ガウスまでの静磁界で磁気スイッチが入らないように規定されており、逆に言うと 10 ガウスを超える静磁界の元では磁気スイッチが作動してしまう可能性があり、注意が必要。
- ・ ペースメーカーの電極のリード線は血管に沿って円弧を描く形で体内にあり、超電導磁石等の強い静磁界を発生するものが高速で付近を通過する際に、1 回巻きのコイルとして働いてしまう場合がある。ホームでの通過待ちや乗車中におけるすれ違いなどがこれに該当する。1 個の磁石が 1 回通過する毎に 1 つの心電図に似た雑音が出て、時速 500km で 16 両の車両があると、数秒間にわたってペースメーカーを停めてしまう恐れがある。
- ・ 車両には磁気シールドを設置することとしており、これにより変動磁界についても防衛できるのではないかと考えている。

電子機器への影響に関する規制の状況について

- ・ 電子機器を対象とする電磁界の漏れ等に関する規格としては、IEC 等があり、機器のマニュアル等に当該製品がどのような規格に適合しているかを列記してある。それらを検索すれば、規格について調べることが可能。

電子機器への影響に関する防護対策について

(以下は「電波防護指針」における防護方法)

- ・ 遮断・絶縁：山梨実験線で車内における床からの磁力線を調べた際には、比較的低い水準であった。磁気シールドにより車内への磁界の漏れが遮蔽されたためと思われる。
- ・ 距離制限：すれ違い時の車両間の距離を確保するのは、物理的に難しいと思われる。
- ・ 時間制限：すれ違い時間を短くできればよいが、走行速度の限界がある。
- ・ 電力制限：磁気浮上走行に必要な磁界の発生が不可欠であるため、電力の制限は難しい。
- ・ 安全管理：ホームにおけるシールドの設置等の対策が考えられる。

その他

- ・ペースメーカーへの電磁干渉の試験は、ペースメーカーが非常に雑音の影響を受けやすい状況を想定して行っている。
- ・MRI では、1.5T、3T といった強さの電磁石が用いられており、研究用では 9T などというものもある。超電導マグネットとしてはそういった強さがあり得る。
- ・超電導マグネットからの距離と磁界の強さのデータを JR から提供してもらい、車両内におけるペースメーカーへの影響をシミュレーションしたことがある。その後実地で計測を行ったが、おおむね予測した結果が再現された。環境影響評価でも磁界による影響のシミュレーションが有効かも知れない。
- ・シミュレーションまでしなくても、超電導マグネットの大きさ、配置間隔、磁界の強さ、走行速度等の条件がわかれば、沿線での変動磁界の出方を計算で求めることができる。
- ・超電導リニアにだけ気をとられていてはいけない。既存の鉄道施設でも車内の座席の近くにあるインバーターから漏洩磁界が出ている場合もあり、ペースメーカー使用者には注意が必要。
- ・通常の電車のモーターは大きな装置だが、磁力線の漏れは比較的少ない。また、常電導のリニアモーター自体は、線路近くの低い位置にあるため、車両内への磁力線の漏れは低いレベルにある。
- ・誘導型インダクションモーターには注意が必要。音は静かで力はないが、磁力線の漏れが大きい。一般に、磁力線の漏れが大きいことは効率の悪さにつながる。
- ・磁束密度はテスラ (T) で表すが、同じ磁束密度でも磁石自体が大きければ、磁力線の数は大きくなる点に注意が必要。
- ・盗難防止ゲートから出る磁束密度は小さいが、コイルが大きいため、ペースメーカーにとっては影響が大きい。

5) 宮田幹夫氏

日時：平成 24 年 12 月 29 日（水）18:00～

場所：上島珈琲渋谷三丁目店

参加者：北里大学名誉教授 そよ風クリニック 宮田幹夫先生
（株）プレック研究所 村瀬

議事要旨：

電磁界過敏症の症例について

- ・公衆衛生関係で電磁界に詳しい基礎的なことがわかる医者は多くない。旭川医大の公衆衛生の教授（名前は失念）、東海大学の解剖学の坂部教授くらいではないか。
- ・日本国内では電磁界過敏症の患者数の統計は出ていない。尚絅学院大学の北條祥子先生と東北大学応用物理の本堂毅先生のグループが患者数の推計を行っており、来年くらいに報告があるのではないか。
- ・スウェーデンの調査例では、回答率 75%のうち 1.5%が過敏症であり、全国民の 1%前後が過敏症と考えられる。日本でも同程度ではないかと推察される。
- ・電磁界過敏症の患者には本物と偽物がいて診断が難しい。
- ・本物の患者の中にも、即発性・遅発性、電界と磁界で反応が違う場合など様々なパターンがあり、混沌としている。携帯電話などの高周波の電磁波に反応するケースが比較的多い。
- ・電磁界過敏症を訴える人の中には、単に電磁波が怖いという思い込みの場合や、電磁波恐怖症で症状が増幅される場合などがあり、どこまでが本当の症状か判断が難しい場合が多い。臨床医学は純粋な科学と違って、混沌とした部分にも対応していく必要がある。
- ・さらに、被害妄想、総合失調症などに当てはまる患者もあり、それらを客観的に仕分けることは難しい。
- ・国民の 1%が電磁界過敏症だとしても、その中には思い込みだけの患者も含まれているため、実際には 1%より少ないと考えられる。
- ・化学物質過敏症の患者が電磁界過敏症になりやすい。化学物質も電磁界も体内で活性酸素を作る点で共通している。電磁界の曝露により活性酸素が増えるという論文は出ているが、具体的なメカニズムについてはよくわかっていない。
- ・なお、細胞分裂が盛んな組織ほど、電磁界の影響を受けやすい。
- ・過敏症の患者の中には、電車に乗れない、家電製品が使えないという方もおり、仕事を続けられずに退職されるケースが多い。

電磁界過敏症に関する WHO の見解について

- ・ダブルブラインド法で「症状が電磁界曝露と相関しないことが示された」とされているが、これからテストをするという緊張感だけで血圧が上がる、体温が上がる等の反応が出てしまい、電磁界の負荷による反応が埋もれてしまうこともある。化学物質過敏症の患者でも同様のことが起きるなど、ダブルブラインド法は必ずしも万能ではない。

- ・過敏症の患者は元々自律神経失調の傾向があるため、緊張による反応が大きくなりがちである。症状がある人を電磁波暗室に入れて、症状が消えるかどうかを確認することで、真性の過敏症かどうかははっきりするのではないか。なお、電磁波暗室は自動車メーカーが持っているはずである。
- ・電磁界の研究はロシアで進んでいるが、WHOの研究グループには、ロシアの研究者が入っていない。

中央リニア新幹線の環境アセスメントで留意すべき事項について

- ・電磁界は曝露の総量が問題であり、リニアについても、乗務員への影響が懸念される。鉄道の場合、スイスの電気機関車の運転手に認知症の発症率が高いことが知られている。これは長期間にわたって強力なモーターの上に座って操作しているためと言われている。
- ・JR東海の公表データ（中央新幹線小委員会資料）を見る限り、静磁界、変動磁界の磁束密度はそれほど高くない印象である。
- ・トンネル区間が多いのであれば、沿線への電磁界の影響は軽減されるのではないか。
- ・日本の電磁界の基準はドイツと同程度であり、やや甘いと思われる。米海軍の基準値が厳しいものであるためそれよりも低い値であれば問題はないと思われる。
- ・リニアの電磁界による健康影響を評価する際に、過敏症患者への影響がないようにと考えるのは極端となりすぎて現実的でない。健常者への影響がどうか、という観点で評価したほうがよい。

その他

- ・都市部は郊外に比べて電磁波環境汚染が進んでおり、電磁波の強度が6倍程度高いといわれている。
- ・現代社会では電子・電気機器を使わざるを得ず、電磁界への曝露をゼロにすることは難しい。化学物質でも環境中の有害物質をゼロにすることは現実的でない。電子・電気機器の設計に際してできるだけ電磁波が出ないような対応が望まれる。
- ・電磁界に関する研究はロシアで進んでいると言われている。オーロラの強い場所では血圧が上がるという関係を見いだしたのがきっかけ。
- ・1980年代に解剖学の専門家が行った実験があり、ネズミにパルス状の電磁波をあてると、先天性の異常が増えるという結果が報告されている。
- ・低周波の変動磁界に関する論文は多く出ているが、静磁界に関する論文は少ない。低周波の電磁界が生活環境中に比較的多いためと思われる。

第5章 電磁界に係る規制等の動向把握

国内における電磁界の規制は、電力設備、無線設備、鉄道設備等、発生源を所管する官庁ごとに行われている。超電導リニアの環境影響評価においては、まず、鉄道設備に関する規制の状況、今後の動向を把握し、参考として電力、無線の分野について整理した。また、国内における電力、電気・電子機器等の業界団体における自主的取組の状況、についても把握した。

海外における規制等の状況として、ICNIRP（国際非電離放射線防護委員会）におけるガイドラインの作成・改定の状況、欧州議会における電磁界関連決議の状況を収集・整理し把握するとともに、WHOのEMF World Wide Standards Databaseに基づき世界の主要国における電磁界の規制に関する最新の情報を収集・整理し把握した。

5.1 国内における規制状況

(1) 鉄道設備

鉄道の電気設備（電車線、帰線、変電所、並びに発電機を除く電気機器等設備）から発生する磁界について、当該設備付近において人の健康影響を及ぼすおそれがないように施設しなければならないことが、国土交通省令で定められ、平成24年8月1日から施行されている。

- ・ 鉄道に関する技術上の基準を定める省令（平成十三年十二月二十五日国土交通省令第五十一号）最終改正：平成二四年七月二日国土交通省令第六九号

（電磁誘導作用による人の健康に及ぼす影響の防止）

第五十一条の二 電車線等及び帰線並びに電気機器等設備（発電機を除く。）を変電所等以外の場所に施設する場合は、通常の使用状態において、当該設備から発生する商用周波数の磁界による電磁誘導作用により、当該設備のそれぞれの付近において、人の健康に影響を及ぼすおそれがないように施設しなければならない。ただし、田畑、山林その他の人の往来が少ない場所において、人体に危害を及ぼすおそれがないように施設する場合は、この限りでない。

- 2 変電所等は、通常の使用状態において、当該変電所等から発生する商用周波数の磁界による電磁誘導作用により、当該変電所等の付近において、人の健康に影響を及ぼすおそれがないように施設しなければならない。ただし、田畑、山林その他の人の往来が少ない場所において、人体に危害を及ぼすおそれがないように施設する場合は、この限りでない。

また、超電導リニアを対象に取り入れるため平成24年8月1日に改訂された「特殊鉄道に関する技術上の基準を定める告示」及び同解釈基準によれば、静磁界、超低周波磁界の磁束密度の測定値が、後述するICNIRPの公衆曝露のガイドラインを満たすよう規制している。

・特殊鉄道に関する技術上の基準を定める告示

(平成13年国土交通省告示第1785号) 改正：平成24年8月1日

(浮上式鉄道) 第六条

5 前二項に掲げるもののほか、超電導磁気浮上式鉄道の施設及び車両は、次の基準に適合するものでなければならない。

一～三(略)

四 き電線、浮上装置、案内装置、動力発生装置及び車両の電源に給電する装置は、通常の使用状態において、当該設備から発生する磁界により、当該設備のそれぞれの付近において、人の健康に影響を及ぼすおそれがないように施設しなければならない。ただし、田畑、山林その他の人の往来が少ない場所において、人体に危害を及ぼすおそれがないように施設する場合は、この限りでない。

【解釈基準】

(4)施設及び車両は次の基準に適合するものであること。

施設及び車両は、き電線、超電導磁石、浮上コイル、推進コイル、給電レール及び非接触集電地上設備並びに特定変電所等のそれぞれから発生する磁界を の測定方法により求めた磁束密度の測定値(交流磁界にあつては実効値)が、ICNIRPの「時間変化する電界および磁界への曝露制限に関するガイドライン(2010)」の公衆曝露に対する参考レベル及び「静磁界の曝露限度値に関するガイドライン(2009)」の一般公衆曝露の曝露限度値以下となるように施設すること。

測定装置は、日本工業規格 JIS C 1910(2004)「人体曝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及び測定の手引」に適合する3軸のものであること。

測定方法は、IEC62110(2009)及びIEC/TS62597(2011)に適合するものであること。

(2)電力設備

高圧送電線については、経済産業省の「電気設備に関する技術基準を定める省令」において、電界及び磁界に関する規制値が定められている。

同省令に定められた超低周波磁界の基準値 $200\mu\text{T}$ は、ICNIRPの2010年ガイドラインを採用したものとなっている。

・電気設備に関する技術基準を定める省令(平成九年三月二十七日通商産業省令第五十二号)最終改正：平成二四年九月一四日経済産業省令第六八号

(架空電線路からの静電誘導作用又は電磁誘導作用による感電の防止)

第二十七条 特別高圧の架空電線路は、通常の使用状態において、静電誘導作用により人による感知のおそれがないよう、地表上メートルにおける電界強度が三キロボルト毎メートル以下になるように施設しなければならない。ただし、田畑、山林そ

他の人の往来が少ない場所において、人体に危害を及ぼすおそれがないように施設する場合は、この限りでない。

- 2 特別高圧の架空電線路は、電磁誘導作用により弱電流電線路（電力保安通信設備を除く。）を通じて人体に危害を及ぼすおそれがないように施設しなければならない。
- 3 電力保安通信設備は、架空電線路からの静電誘導作用又は電磁誘導作用により人体に危害を及ぼすおそれがないように施設しなければならない。

（電気機械器具等からの電磁誘導作用による人の健康影響の防止）

第二十七条の二 変圧器、開閉器その他これらに類するもの又は電線路を発電所、変電所、開閉所及び需要場所以外の場所に施設するに当たっては、通常の使用状態において、当該電気機械器具等からの電磁誘導作用により人の健康に影響を及ぼすおそれがないよう、当該電気機械器具等のそれぞれの付近において、人によって占められる空間に相当する空間の磁束密度の平均値が、商用周波数において二百マイクロテスラ以下になるように施設しなければならない。ただし、田畑、山林その他の人の往来が少ない場所において、人体に危害を及ぼすおそれがないように施設する場合は、この限りでない。

- 2 変電所又は開閉所は、通常の使用状態において、当該施設からの電磁誘導作用により人の健康に影響を及ぼすおそれがないよう、当該施設の付近において、人によって占められる空間に相当する空間の磁束密度の平均値が、商用周波数において二百マイクロテスラ以下になるように施設しなければならない。ただし、田畑、山林その他の人の往来が少ない場所において、人体に危害を及ぼすおそれがないように施設する場合は、この限りでない。

（３）無線設備

無線設備による電波の人体への影響について、総務省（旧郵政省）は、平成２年６月２５日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」（昭和６３年６月２７日諮問）について答申を受けており、本答申では、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）が示されている。

また、平成９年４月２４日に電気通信技術審議会から諮問第８９号「電波利用における人体防護の在り方」（平成８年１１月２５日諮問）について答申を受けており、携帯電話端末等の身体の極めて近くで使用される無線機器に関して適用される具体的な指針等が示されている。

なお、電波による影響でも、無線通信への混信や医療機器、電気・電子機器に及ぼす干渉等の影響は、生物に及ぼすメカニズムとは異なるため、電波防護指針の対象外となっている。

電波防護指針の内容については、第６章に整理した。

(4) 家電製品等

家電製品に対する電磁界の健康影響に関する規制はないが、IH 調理器の電磁界の大きさについては、「電波法施行規則」に規定がある。また、電子レンジの電磁界の大きさについては、「電気用品安全法」と「電波法施行規則」にそれぞれ規定がある。

・電波法施行規則 抄（昭和二十五年十一月三十日電波監理委員会規則第十四号）最終改正：平成二四年一〇月三〇日総務省令第九三号

(型式確認)

第四十六条の七 製造業者等は、その製造し、又は輸入する電子レンジ又は電磁誘導加熱式調理器の型式について、次の各号の区別に従い、当該各号に掲げる条件に適合していることの確認（以下「型式確認」という。）を行うことができる。

一 電子レンジ

- (1) 占有周波数帯幅に含まれる周波数が二、四五〇MHz(±)五〇MHz の範囲内にあること。
- (2) 高周波出力の定格値が二キロワット以下であり、かつ、動作状態における高周波出力の最大値が定格値の一五パーセントを超えないこと。
- (3) スプリアス発射による電界強度が当該電子レンジから三〇メートルの距離において次に掲げる値以下であること。
 - (一) 九〇MHz から一〇八 MHz まで及び一七〇MHz から二二二 MHz までの周波数において毎メートル三〇マイクロボルト
 - (二) 四七〇MHz から七七〇MHz までの周波数において毎メートル一〇〇マイクロボルト
 - (三) (一)及び(二)に掲げる周波数以外の周波数(ISM用周波数を除く。)において毎メートル (20P)(Pは、高周波出力をワットで表した数とし、高周波出力が五〇〇ワット未満のものにあつては五〇〇とし、一キロワットを超えるものにあつては一、〇〇〇とする。)マイクロボルト
- (4) 漏えい電波の電力束密度は、耐久試験後において毎平方センチメートル五ミリワット以下であること。
- (5) 高圧電気により充電される器具及び電線が、絶縁遮蔽体又は接地することができる構造の金属遮蔽体の内に収容されており、外部より容易に触れることができないような構造であること。

二 電磁誘導加熱式調理器

- (1) 利用周波数が二〇・〇五 kHz から一〇〇kHz までの範囲内にあること。
- (2) 高周波出力の定格値が三キロワット以下であり、かつ、動作状態における高周波出力の最大値が定格値の一二〇パーセントを超えないこと。
- (3) 利用周波数による発射及びスプリアス発射による漏えい電界強度が当該設備の発振器から三〇メートルの距離において次に掲げる値以下であること。
 - (一) 利用周波数において毎メートル一ミリボルト

(二) 五二六・五 kHz から一、六〇六・五 kHz までの周波数において毎メートル三〇マイクロボルト

(三) (一)及び(二)に掲げる周波数以外の周波数(ISM用周波数を除く。)において毎メートル (20P)(Pは、高周波出力をワットで表した数とし、高周波出力が五〇〇ワット未満のものにあつては五〇〇とし、二キロワットを超えるものにあつては、二、〇〇〇とする。)マイクロボルト

(4) 当該設備の操作に伴つて人体に危害を及ぼし、又は物件に損傷を与えるおそれがないこと。

2 型式確認は、別表第八号に規定する方法により試験を行い、その型式が前項各号の区別に従い、それぞれに掲げる条件に適合していると認められた場合に限り、行うことができる。

・電気用品の技術上の基準を定める省令(昭和三十七年八月十四日通商産業省令第八十五号)最終改正:平成二四年一月一三日経済産業省令第五号

別表第八2(95)電子レンジ ト項

ト 漏えい電波の電力密度

(イ) $275\text{cm}^3 \pm 15\text{cm}^3$ の水を入れた円筒状のピーカーをその器体内のほぼ中央に置いた状態において、定格周波数に等しい周波数の定格電圧に等しい電圧を試験品に加えてとびらを閉めたときおよび発振管の発振停止装置が動作する直前の最大の位置までとびらを開いて固定したとき、器体の表面から5cm離れたあらゆる箇所において測定した漏えい電波の電力密度の値は、次に適合すること。

a とびらを閉めたときにあつては、 $1\text{mW}/\text{cm}^2$ 以下であること。

b 発振管の発振停止装置が動作する直前の最大の位置までとびらを開いて固定したときにあつては、 $5\text{mW}/\text{cm}^2$ 以下であること。

(ロ) イ(二)に規定する試験の後、(イ)に規定する試験を行つたとき、器体の表面から5cm離れたあらゆる箇所において測定した漏えい電波の電力密度の値は、 $5\text{mW}/\text{cm}^2$ 以下であること。

(ハ) 主たる発振停止装置以外の発振停止装置を拘束した状態において、(イ)に規定する試験を行つたとき、器体の表面から5cm離れたところで測定した漏えい電波の電力密度の値は、 $5\text{mW}/\text{cm}^2$ 以下であること。

(5) 業界団体等による自主的取組み

1) 自主規制の仕組み

電子レンジ及びIH調理器以外の家電製品に対する電磁界に関する規制はないが、電子・電気装置に対する妨害波対策として、国内外メーカー約1,300社が加盟する一般財団法人VCCI協会^{注1}(Voluntary Control Council for Interference by Information Technology Equipment: VCCI)で定めた自主規制の技術指針がある。加盟メーカーが国内へ電子・電気装置を出荷する際には、この指針に基づく妨害波の抑制と障害防止による電磁障害対策を遵守する必要がある。

この自主規制措置では、会員が自社の情報技術装置(Information Technology Equipment: 以下ITEという)に対して、日本国内への出荷に先立ち妨害波の規制を実施している。会員は、ITEのクラスを区分^{注2}し、適合確認届出を行ったあと、機器に所定の表示を行い、出荷することとなっている。自主規制システムは下図に示す通り。

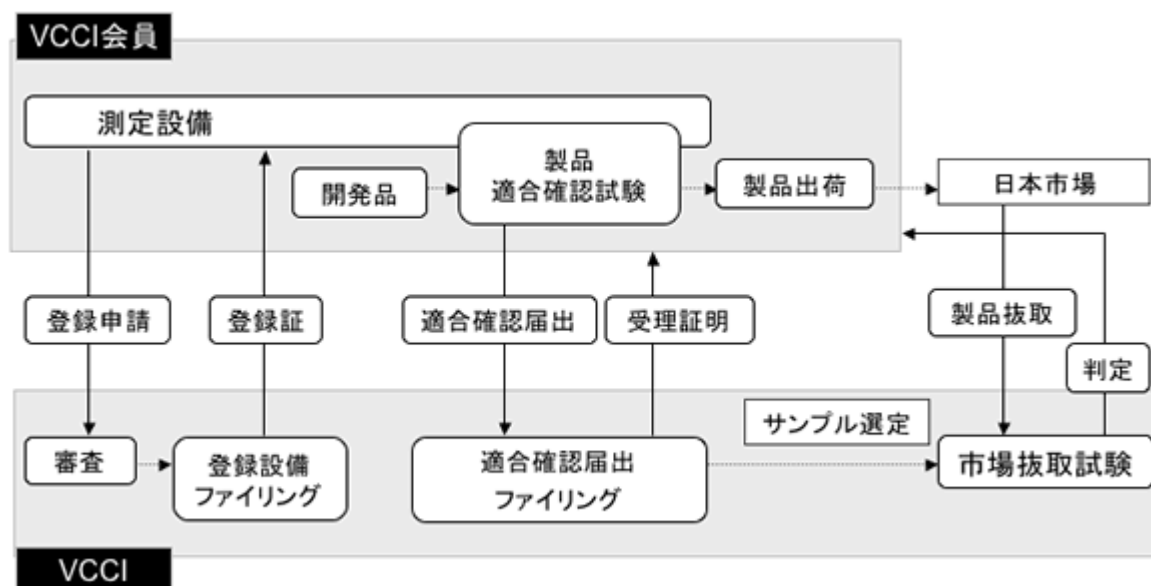


図 5.1 - 1 VCCIによる自主規制システム

注1 情報処理装置等電波障害自主規制協議会の業務を2009年4月に一般財団法人VCCI協会が引き継いだ。

注2 家庭環境で使うことを前提としたクラスB情報技術装置と、それ以外の環境で使うことを前提としたクラスA情報技術装置に分類される。

2) 自主規制における技術基準

情報技術装置からの放射妨害波（供試装置から漏洩する電波の電界強度）について許容値が定められている。

許容値を電波の周波数、クラス区分ごとに以下に引用して示した。

4. 3 放射妨害波の許容値

4. 3. 1 放射妨害波の許容値（1GHz 以下）

供試装置の放射妨害波の準尖頭値は、技術基準で規定する方法に従って測定したとき、表4. 5または表4. 6の許容値以下であること。

表4. 5 測定距離10mでのクラスA情報技術装置の放射妨害波の許容値

| 周波数範囲 | 準尖頭値許容値 dB(μ V/m) |
|----------------|------------------------|
| 30MHz～ 230MHz | 40 |
| 230MHz～1000MHz | 47 |

注1. 周波数の境界では、値の低い方の許容値を使用する。
注2. 測定距離10mの測定が基本であるが、運用規程に基づいて登録を行った測定距離3mの測定設備、又は測定距離30mの測定設備を使用して測定距離3m、30mで測定してもよい。この場合は測定距離3mでの許容値は上記許容値に10dBを加えた値とし、測定距離30mでの許容値は、上記許容値から10dBを差し引いた値とする。
注3. 1 μ V/mを0dBとする。

表4. 6 測定距離10mでのクラスB情報技術装置の放射妨害波の許容値

| 周波数範囲 | 準尖頭値許容値 dB(μ V/m) |
|----------------|------------------------|
| 30MHz～ 230MHz | 30 |
| 230MHz～1000MHz | 37 |

注1. 周波数の境界では、値の低い方の許容値を使用する。
注2. 測定距離10mでの測定が基本であるが、運用規程に基づいて登録を行った測定距離3mの測定設備を使用して測定距離3mで測定してもよい。この場合は測定距離3mでの許容値は、上記許容値に10dBを加えた値とする。
注3. 1 μ V/mを0dBとする。

4. 3. 2 放射妨害波の許容値 (1GHz 超)

供試装置の放射妨害波の平均値および尖頭値は、技術基準で規定する方法に従って測定したとき、表4.7または表4.8の許容値以下であること。

表4.7－測定距離3mでのクラスA情報技術装置の放射妨害波の許容値

| 周波数範囲GHz | 平均値許容値 dB(μ V/m) | 尖頭値許容値 dB(μ V/m) |
|----------|-----------------------|-----------------------|
| 1～3 | 56 | 76 |
| 3～6 | 60 | 80 |

注1) 周波数の境界では低い方の許容値を適用する。
 2) 1 μ V/mを0 dBとする。
 3) 尖頭値モードにおける測定値が平均値許容値を満たす場合、その測定周波数での平均値測定は行わなくても良い。
 4) 放射妨害波の測定距離換算は次の式による。
 $E_{3m}=E_{dm} + 20\log(d/3)$ dB μ V/m d : 測定距離(m)

表4.8－測定距離3mでのクラスB情報技術装置の放射妨害波の許容値

| 周波数範囲GHz | 平均値許容値 dB(μ V/m) | 尖頭値許容値 dB(μ V/m) |
|----------|-----------------------|-----------------------|
| 1～3 | 50 | 70 |
| 3～6 | 54 | 74 |

注1) 周波数の境界では低い方の許容値を適用する。
 2) 1 μ V/mを0 dBとする。
 3) 尖頭値モードにおける測定値が平均値許容値を満たす場合、その測定周波数での平均値測定は行わなくても良い。
 4) 放射妨害波の測定距離換算は次の式による。
 $E_{3m}=E_{dm} + 20\log(d/3)$ dB μ V/m d : 測定距離(m)

出典：VCCI 規程集 V-3/2011.04 付則 1 技術基準

5.2 海外における規制状況

我が国をはじめ多くの国が電磁界の規制において準拠している国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP : International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) のガイドラインについて整理した。

(1) ICNIRP (国際非電離放射線防護委員会) のガイドライン

ICNIRP は、1992 年 5 月に国際放射線防護委員会 (IRPA : International Radiation Protection Association) によって設立された独立組織であり、電界、磁界、電波、紫外線より波長の長い全ての光、可聴音を除く音波の人体安全性に関して、社会的な配慮を排除して純粋に科学的な立場から安全性を検討し勧告を行うことを任務とした組織である。ICNIRP は IRPA の他、世界保健機構 WHO 等と協力して活動している。

1) ICNIRP によるガイドライン策定の経緯

- 1992 年 前身の国際放射線防護学会の下部組織、国際非電離放射線委員会 (INIRC/IRPA) から、国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) として独立
- 1994 年 「静磁界の防護指針」を公表
【一般公衆の曝露限度 : 40 μ T】
- 1998 年 「0 - 300GHz の時間変化する電磁界に対する防護指針」を公表
【一般公衆の参考レベル例 (50Hz) : 100 μ T】
- 2009 年 「静磁界に関するガイドライン」を公表
【一般公衆の曝露限度 : 400 μ T (科学的知見を踏まえた緩和)】
- 2010 年 「時間変化する電界および磁界への曝露制限に関するガイドライン(1 Hz から 100 kHz まで)」を公表
【一般公衆の参考レベル例 (50Hz) : 200 μ T (科学的知見を踏まえた緩和)】
- (予定) 1Hz 以下の磁界と磁界中の移動による誘導電界についてのガイドラインを作成中であり、2012 年 2~5 月に「静磁界中での人体の動き及び 1 Hz 未満の時間変化する磁界により誘導される電界への曝露制限に関するガイドライン」草案に対するパブリックコメントを募集した
- (予定) 2009 年 7 月に公表した、高周波電磁界の健康リスクに関する評価書について、国際がん研究機関 (IACR) による電磁界の発がん性評価を経て、世界保健機関 (WHO) が総合的に健康リスクを評価して環境保健クライテリアを公表した後に、国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) から高周波電磁界に関するガイドラインが公表される予定

周波数ごとの色分けの目安 静磁界 1Hz 100kHz 300GHz

2) 静磁界に関するガイドライン (2009年)

職業的曝露

頭部および軀幹部の職業的曝露は、以下を除き、空間ピーク値で磁束密度 2 T を超えるべきではない。

除外されるのは、2 T 以上の曝露が必要と考えられる職場への適用であり、環境が制御され、かつ運動誘導効果を制御するために適切な作業実践が履行されていることを条件に、8 T までの曝露が許容される。

磁界内の運動による感覚的影響は、ELF ガイドラインに定められた基本制限を満たすことにより回避が可能である。四肢に限定した場合、最大 8 T までの曝露が容認される。

一般公衆曝露

ヒトに対する静磁界の直接的影響に関する科学的知識に基づけば、一般公衆の急性曝露は (身体の任意の部分において) 400 mT を超えるべきではない。

しかし、間接的な悪影響の可能性があるため、埋め込み型医用電子機器および強磁性材料含有インプラントを装着した人の不注意による有害曝露を防止し、強磁性物体の飛行による傷害を防止するために、実際的手段の履行が必要であり、そのためには大幅に低い制限レベル、例えば 0.5 mT (IEC 2002)、になる可能性があることを ICNIRP は承知している。しかし、このような生物学的でない影響を考慮して定める曝露限度値は ICNIRP の任務ではない。

表 5.2 - 1 静磁界の曝露限度値 a

| 曝露の特性 | 磁束密度 |
|-------------|--------|
| 職業的曝露 b | |
| 頭部および軀幹部の曝露 | 2 T |
| 四肢の曝露 c | 8 T |
| 一般公衆曝露 d | |
| 身体の任意の部分の曝露 | 400 mT |

- ICNIRP は、これらの限度値を、運用上は空間ピーク値と見なすことを勧告する。
- 特殊な職場への適用については、8 T までの曝露が正当化される。但し、環境が制御され、動きによる誘導効果を制御するために適切な作業実践が履行されていることが条件である。
- 8 T 以上の曝露限度値の根拠として利用できる情報は十分ではない。
- ICNIRP は、間接的な有害影響の可能性があるため、埋め込み型医用電子機器や強磁性物質含有インプラントを装着した人の不注意による有害な曝露、および飛来物体の危険を防止するために実際的手段が履行される必要があると認識する。それは、例えば 0.5mT 程度の、大幅に低い制限レベルになる可能性がある。

3) 時間変化する電磁界に関するガイドライン (2010年)

基本制限

網膜閃光現象の誘発を回避するために、10 Hz - 25Hz の周波数範囲において、職業的曝露は、頭部の CNS 組織 (すなわち、脳と網膜) に 50 mV/m 以下の電界強度を誘導するような電界および磁界に制限される。これらの制限値により、脳機能に対して起きる可能性のある一過性の影響は全て防護するはずである。これらの影響は健康への有害な影響とは見なされていない。しかしながら、一部の職業的環境において作業を妨害する

かも知れないので回避するのがよいと ICNIRP は認識するが、追加的な低減係数は適用されない。これより高い周波数および低い周波数では、網膜閃光閾値は急激に上昇し、末梢および中枢の有髄神経刺激の閾値と 400 Hz で交差する。400 Hz より高い周波数では、末梢神経刺激の制限値が人体の全ての部位に適用される。

管理された環境での曝露は、作業者はそのような曝露により起きる可能性のある一過性の影響について知識を与えられているので、末梢および中枢の有髄神経刺激を回避するために、頭部および体部に 800 mV/m 以下の電界強度を誘導するような電界および磁界に制限される。これは、上述の不確かさを考慮するために、刺激閾値 4 V/m に対し低減係数 5 を適用したものである。3 kHz 以上ではこの制限値は上昇する。

公衆については、低減係数 5 を適用し、頭部の CNS 組織に対し、10 Hz - 25Hz の周波数範囲で 10 mV/m の基本制限が与えられる。これより高い周波数および低い周波数で基本制限は上昇する。1000 Hz において、末梢および中枢の有髄神経刺激を防護する基本制限値と交差する。ここで低減係数 10 を適用し、400 mV/m の基本制限値が得られる。この制限値は人体の全ての部位の組織に適用される。

表 5.2 - 2 時間変化する電界および磁界への人体の曝露に対する基本制限

| ばく露特性 | 周波数範囲 | 体内電界 (V m ⁻¹) |
|---------------|-----------------|------------------------------|
| 職業的ばく露 | | |
| 頭部のCNS組織 | 1 Hz- 10 Hz | 0.5 / f |
| | 10 Hz - 25 Hz | 0.05 |
| | 25 Hz - 400 Hz | 2 × 10 ⁻³ f |
| | 400 Hz - 3 kHz | 0.8 |
| | 3 kHz - 10 MHz | 2.7 × 10 ⁻⁴ f |
| 頭部と体部の全組織 | 1 Hz - 3 kHz | 0.8 |
| | 3 kHz - 10 MHz | 2.7 × 10 ⁻⁴ f |
| 公衆ばく露 | | |
| 頭部のCNS組織 | 1 Hz- 10 Hz | 0.1 / f |
| | 10 Hz - 25 Hz | 0.01 |
| | 25 Hz - 1000 Hz | 4 × 10 ⁻⁴ f |
| | 1000 Hz - 3 kHz | 0.4 |
| | 3 kHz - 10 MHz | 1.35 × 10 ⁻⁴ f |
| 頭部と体部の全組織 | 1 Hz - 3 kHz | 0.4 |
| | 3 kHz - 10 MHz | 1.35 × 10 ⁻⁴ f |

- f は周波数 (Hz)。
- 全ての値は実効値。
- 100 kHz より高い周波数範囲では、RF に特有な参考レベルを追加的に考慮する必要がある。

参考レベル

参考レベルは、公表されたデータを用いた数学的モデル化により、基本制限から導き出される (Dimbylow 2005、 2006) 。それらの参考レベル値は、曝露される人体と電界

および磁界との結合が最大になる条件のもとで計算されているので、最大限の防護が与えられることになる。周波数依存性とドシメトリの不確かさが考慮に入れられた。ここに提示された参考レベルは、二つの別個の影響、すなわち、脳内誘導電界（CNS への影響に関連する）と CNS 以外の身体の全部位の組織における誘導電界（PNS への影響に関連する）を考慮し、これらの組み合わせに近づけた値である（すなわち、50 Hz では、CNS への影響についての基本制限値を外部磁界曝露値に換算する係数は外部磁界 1 T 当たり 33 V/m であり、PNS への影響については外部磁界 1 T 当たり 60 V/m である。ドシメトリの不確かさを見込んで、これらの計算値に対して追加的な低減係数 3 が適用された。）

さらに、25 Hz までの職業的曝露に対する電界の参考レベルは、ほとんどの実際的な条件下での接触電流による刺激を防止するための十分なマージンを含んでいる。25 Hz - 10 MHz 間については、参考レベルは誘導電界のみの基本制限に基づいており、したがってこの周波数帯において起こり得る全ての条件下での接触電流による刺激を防止するのに十分なマージンは与えられていないかも知れない。

10 MHz までの公衆曝露に対する電界の参考レベルは、曝露された人の 90 % 以上に対して有害な間接的影響（電撃と熱傷）を防止する。さらに、50 Hz までの公衆曝露に対する電界の参考レベルは、大半の人において知覚などの表面電荷作用を防止するための十分なマージンを含んでいる。

表 5.2 - 3 時間変化する電界および磁界への職業的曝露に対する参考レベル
(無擾乱、実効値)

| 周波数範囲 | 電界強度 E (kV m ⁻¹) | 磁界強度 H (A m ⁻¹) | 磁束密度 B (T) |
|----------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| 1 Hz - 8 Hz | 20 | $1.63 \times 10^5 / f^2$ | $0.2 / f^2$ |
| 8 Hz - 25 Hz | 20 | $2 \times 10^4 / f$ | $2.5 \times 10^{-2} / f$ |
| 25 Hz - 300 Hz | $5 \times 10^2 / f$ | 8×10^2 | 1×10^{-3} |
| 300 Hz - 3 kHz | $5 \times 10^2 / f$ | $2.4 \times 10^5 / f$ | $0.3 / f$ |
| 3 kHz - 10 MHz | 1.7×10^{-1} | 80 | 1×10^{-4} |

- f は周波数 (Hz)。
- 非正弦波の曝露および複数の周波数の曝露に関する助言は後述の別節を参照。
- 特に強電界中の間接的影響の防止については「防護対策」の章を参照。
- 100 kHz より高い周波数範囲では、RF に特有な参考レベルを追加的に考慮する必要がある。

表 5.2 - 4 時間変化する電界および磁界への公衆曝露に対する参考レベル
(無擾乱、実効値)

| 周波数範囲 | 電界強度 E (kV m ⁻¹) | 磁界強度 H (A m ⁻¹) | 磁束密度 B (T) |
|----------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| 1 Hz - 8 Hz | 5 | $3.2 \times 10^4 / f^2$ | $4 \times 10^{-2} / f^2$ |
| 8 Hz - 25 Hz | 5 | $4 \times 10^3 / f$ | $5 \times 10^{-3} / f$ |
| 25 Hz - 50 Hz | 5 | 1.6×10^2 | 2×10^{-4} |
| 50 Hz - 400 Hz | $2.5 \times 10^2 / f$ | 1.6×10^2 | 2×10^{-4} |
| 400 Hz - 3 kHz | $2.5 \times 10^2 / f$ | $6.4 \times 10^4 / f$ | $8 \times 10^{-2} / f$ |
| 3 kHz - 10 MHz | 8.3×10^{-2} | 21 | 2.7×10^{-5} |

- f は周波数 (Hz)。
- 非正弦波の曝露および複数の周波数の曝露に関する助言は後述の別節を参照。
- 100 kHz より高い周波数範囲では、RF に特有な参考レベルを追加的に考慮する必要がある。

4) 高周波電磁界の健康リスク評価書

国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) は、2009 年 7 月、高周波電磁界の健康リスクに関する評価書をホームページに公表した。

今後は、国際がん研究機関 (IACR) による電磁界の発がん性評価を経て、世界保健機関 (WHO) が総合的に健康リスクを評価して環境保健クライテリアを公表した後に、国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) から高周波電磁界に関するガイドラインが公表される予定。(現時点ではガイドラインは未公表)

5) 「静磁界中での人体の動き及び 1 Hz 未満の時間変化する磁界により誘導される電界への曝露制限に関するガイドライン」草案

国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) は、2012 年 2 月に同草案をウェブサイトに公表しパブリックコメントを募集しており、その後公開協議を経てガイドラインとして公表される予定。(現時点ではガイドラインは未公表)

超電導リニアの強い静磁界が高速移動することにより、極めて低周波の時間変動する磁界が発生することから、このガイドラインが公表された際にはその内容を確認することが重要である。

(2) 海外における商用周波数電磁界の規制状況（電力設備に関する規制）

経済産業省が設置した「電力設備電磁界対策ワーキンググループ」の報告書に基づき、海外における商用周波数電磁界の規制状況を整理した。

WHOのファクトシート No.322 では、高いレベルの短期曝露（急性影響）に関連する健康影響が科学的に確立していることから、国際的ガイドラインに従うことを推奨しており、これを受けて各国で ICNIRP のガイドラインを踏まえた規制が行われている。

また、同ファクトシートでは、極めて低いレベルでの長期曝露（慢性影響）に関する健康影響が科学的に不確かなことから、念のための対策を講じることはよいが、恣意的に限度値を引き下げることは推奨していない。こうした低レベルの電磁界曝露に対する規制については、国によって採用の状況は異なっている。

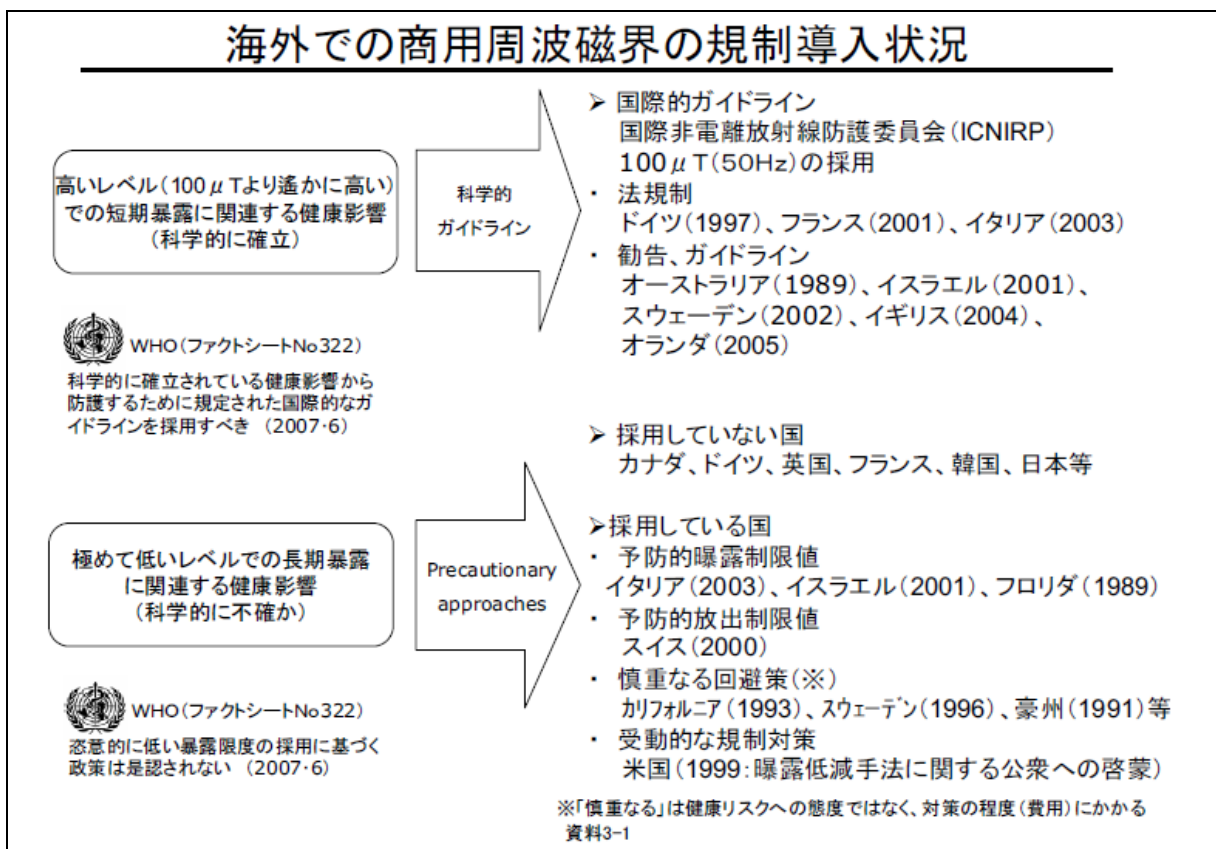


図 5.2 - 1 海外での商用周波磁界の規制導入状況の概要

出典：電力設備電磁界対策ワーキンググループ報告書、平成 20 年 6 月

注：上記図中の 100 μ T (50Hz) は、1998 年公表の ICNIRP のガイドライン値であり、2010 年の改訂により、50Hz におけるガイドライン値は 200 μ T に緩和されている

EU 諸国を中心とした各国の規制導入状況を、前述の報告書より引用して以下に列記した。

1) EU

【急性影響に対する規制】

法令等：電磁界（0～300GHz）への公衆曝露制限に関する理事会勧告（1999）

勧告値（50Hz：電界 5kV/m、磁界 100μT

【不確かな慢性影響に対するリスク管理の考え方】

欧州委員会「電磁界（0～300GHz）公衆曝露制限の理事会勧告に関する実施状況報告書」（2002）

- ・現状では電磁界の非熱的作用による健康への影響は十分な証拠を示していない。
- ・それゆえ、欧州委員会は precautionary principle（予防原則）^(注1)を発動することはできないと考えている。これは、「予防原則についての欧州委員会のコミュニケーション^(注2)」に沿ったもので、コミュニケーションでは予防原則を「環境、人、動物、植物の衛生に対して生じ得る影響が潜在的に危険であるとの示唆がある場合に」発動するとしている。
- ・電磁界が人の健康に対し潜在的に危険であろうとするはっきりとした示唆がないため、電磁界については予防原則を適用することができない。

注1 Precaution：リスク自体に不確実性が大きい場合に用いられる言葉。

Prevention：リスク自体は既知のものである場合に用いられる言葉。

注2 COMMUNICATION FROM THE COMMISSION on the precautionary principle（EC，2000）

2) 米国（連邦）

【急性影響に対する規制】

なし（米国の場合、連邦レベル、州レベルとも、ICNIRP や IEEE のガイドラインを規制に採用することは行われていない）。

【不確かな慢性影響に対するリスク管理の考え方】

米国国立環境健康科学研究所

「電磁界調査及び公衆への情報普及計画（EMF - RAPID 計画）報告書」（1999）

- ・超低周波電磁界への曝露が人の健康に有害であることを支持する証拠のレベルと強さは、積極的な規制活動を正当化するには不十分である。それゆえ、電気機器への厳しい基準や、送配電線を地下埋設する国家的プログラムなどは推奨しない。
- ・代わりに、これまで得られた証拠は、公衆や地域社会に対し曝露低減手法に対する啓蒙を続けるといった自発的な措置を示唆している。
- ・電力業界が、電磁界曝露を低減させるために現在行っている立地手法を今後とも継続すること、及び、新たな危険を生じさせずに送配電線周辺の磁界発生を低減する方法を検討し続けることを提案する。
- ・また、偶発的な感電や火災などによる他のリスクが増大しないことを前提に、地域の配電線からの曝露を低減する技術を奨励する。

注：EMF - RAPID 計画：1992年の米国エネルギー政策法に基づき、93年から6年の歳月をかけて実施された電磁界調査及び情報普及計画

3) カナダ

【急性影響に対する規制】

連邦レベルでの規制はない。

【不確かな慢性影響に対するリスク管理の考え方】

連邦・州・準州放射線防護委員会「商用周波電磁界の健康影響に関する一般公衆へのカナダの立場表明」(2005)

- ・家庭、学校、オフィスで通常遭遇するレベルの商用周波電磁界への曝露による健康への悪影響は立証されていない。
- ・不安に思う市民からは、電磁界への曝露を含むいくつかの領域に対して Precautionary Principle(予防原則) を用いるべきだという要求が増えている。気をつけるべきなのは、予防原則は様々な措置を含み、科学の進展のモニターや情報提供のような穏やかな措置から、研究の実施による新たな知見獲得プロセスへの参加、さらに、曝露制限値を下げるというような強い措置までを含む。
- ・カナダにおける居住環境や労働環境で通常遭遇するレベルの電磁界への曝露が有害であるとする決定的な証拠はないので、当委員会としては、穏やかな措置や新しい知見の獲得プロセスへの参加で十分。

4) イタリア

法令等：電界、磁界、電磁界への曝露への防護に関する枠組み法(2001年)

電力線による商用周波電磁界に対する公衆防護のための曝露制限値、注意値、安心目標を規定する政令(2003年)

所管官庁：環境・国土保全省

規制値(50Hz)

- ・曝露制限値：磁界 100 μ T、電界 5kV/m
- ・注意値：磁界 10 μ T(公園・住居等人々が4h/日以上滞在する場所、新設・既設) a
- ・安心目標：磁界 3 μ T(公園・住居等人々が4h/日以上滞在する場所、新設のみ) b
(注意値、安心目標は24時間の中央値)

対象施設(50Hz)：電力線・変電所・変圧装置(これ以外の施設はEU勧告に従う)

規制の考え方(a - bについて2001年枠組み法より)

- ・潜在的な慢性影響に対する予防措置の適用・実行可能な最良の技術の採用

参考情報

- ・2002年に保健省設置の専門家パネルにおいて、「ICNIRP参考レベルの曝露制限値のみとするよう改訂が適当」との勧告が出されたが採用されていない。
- ・注意値 10 μ T、安心目標 3 μ Tの数値の根拠は公開されておらず、科学的な根拠に基づいて決定された数値とは言えない。

イタリアでは州レベルで0.2 μ T等のより厳しい規制を設けている州が存在。

5) スイス

法令等：非電離放射線からの防護に関する法令(1999年公布、2000年施行)

所管官庁：連邦環境・森林・景観庁(BUWAL)

規制値(50Hz)

- ・曝露制限値：磁界 100 μ T、電界 5kV/m
- ・予防的放出制限値：磁界 1 μ T(人が定常的にかなりの時間を過ごす場所)

対象施設(50Hz)：架空・地中送電線(1,000V以上)、変電所、開閉所(新設・既設)
予防的放出制限の適用除外(送電線の場合) 新設の場合は国の認可が必要

- ・磁束密度が最小化されるように相配置を最適化する(新設・既設)
- ・技術的、運転上も実行可能で経済的に受容できる対策を講じる(新設)

規制の考え方(予防的放出制限値；法令解説書より)

- ・「環境保護に関する連邦法」に規定された precautionary measure(予防措置)発動条件の適用
 - 有害或いは不快になる可能性のある影響を制限するため早期の予防措置を実施
 - 経済的に受容できるならば、放出は技術と運転状態が許す限り制限する

参考情報

- ・予防措置の発動条件は有害性の科学的証明は不要、可能性があれば十分としている。
- ・BUWALは、1985年から電力会社に対し、送電線新設の際に住宅地から距離(50m)をとるよう要請。その後、同要請が実現できたため、距離と等価となる磁界1 μ Tを実行可能な措置として設定。
- ・新設への対応を優先。既設への対応はルール作りを含めて今後の課題。既設に対しては、法令上は対策をとれば放出制限を越えてもよいとしているが既設と新設とで制限値が違うのは不平等という意見も出ている。

6) ドイツ

【急性影響に対する規制】

法令等：連邦排出規制法施行令第26法令(1996年公布、1997年施行)

所管官庁：連邦環境・自然保護・原子力安全省(BMU)

規制値(50Hz)：電界5kV/m、磁界100 μ T(1日の5%以内であれば2倍まで許容*)

(*住宅、病院等の近くの場合を除く)

対象施設(50Hz)：架空電力線・地下ケーブル・変電施設(1,000V以上)

参考情報：規制の監視は各州の当局が行う。連邦政府は州に対して規制を満たすための施設からの距離をベンチマークとして示している。

【不確かな慢性影響に対するリスク管理の考え方】

- ・放射線防護委員会(SSK)「電磁界に対する公衆防護に対する基準と予防」(2001)
 - ICNIRP指針の根拠となっている科学的評価を修正するような新たな知見はない
 - 既知の健康リスク以外では、リスクに対する疑いの程度を考慮したとしても、予防すべきリスクとして何のリスクも引用できない。
 - 家庭用機器の開発とシステムの設置に際して曝露を最小限にすることを品質基準として採択すべきである。
 - 技術的・経済的に可能な範囲で電界、磁界及び電磁界への曝露を最小限にするための措置を実施すべきである。これは特に人々が多くの時間を過ごす場所に適用される。そのような措置は実行可能な最良の技術を指向すべきである。
- ・BMUでは、SSKの勧告を踏まえ、現法令の改正は考えていない(2005)。

7) フランス

【急性影響に対する規制】

法令等：電力輸送が満たすべき技術的条件を定めた省令（2001）

所管官庁：電力運輸省

規制値（50Hz）：交流での電気供給網に対し、公衆が通常立ち入ることができる場所では、通常の操業条件下において、電界 5kV/m、磁界 100 μ T を超えないようにする。

【不確かな慢性影響に対するリスク管理の考え方】

フランス高等公衆衛生審議会「超低周波磁界に関する見解」（2005）

フランス高等保健審議会は WHO と同様に、予防的取組（precautionary approach）として次を勧告する。

- ・欧州理事会勧告（1999）に準拠した超低周波磁界の公衆への曝露制限値についてフランスにおける法的枠組みを与えるべき。
- ・フランスで超低周波磁界の公衆への曝露評価を実施し次の点を明確にすべき。
 - 曝露のレベル
 - 曝露発生源とその相対的な重要性
 - 曝露レベルに関する居住タイプ別の影響
- ・フランス及び欧州における枠組みの中で、実験的研究の実施、特に次のような点に絞った研究を促進すべき。
 - 動物モデルを用いた白血病に関する生物学的影響メカニズムの特定
 - 遺伝的因子の役割の研究、間欠曝露の生体応答
- ・超低周波磁界に関する公衆への情報提供を行っていくべき。

8) オーストラリア

【急性影響に対するガイドライン】

法令等：50/60Hz 電磁界に対する曝露制限に関する暫定ガイドライン（1989）

策定機関：国立衛生医学研究評議会（NHMRC）

指針値：電界 5kV/m、磁界 100 μ T（1 日数時間の場合は 10kV/m、1,000 μ T）

【不確かな慢性影響に対するリスク管理】

法令等：豪州電気供給者協会（ESAA）「電磁界に関する政策声明」（1991）

[電気事業者の自発的対応]

内容：送配電設備を電磁界曝露量の観点から設計し、その立地に当たっては住居や学校のような場所との距離を考慮する（定量的な目標はない）。

リスク管理の考え方 = 予防的取組（precautionary approach）として、「慎重なる回避策」（注）（科学的不確実性を考慮し、常識のある行動をとること。過度の不便を伴わず、低い費用で新たな高圧電力線設備からの曝露による潜在的なリスクを避ける）という考え方をとっている。

参考情報：

- ・急性影響、不確かな慢性影響への対応を含めて、豪州放射線防護原子力安全庁（ARPANSA）が基準を策定中。

慎重なる回避策：科学的に正しいと考えられるようなリスク低減対策が無い場合に、電磁界曝露を低減するための簡単で、容易に成し得る、低コストで講ずる対策（WHO，2000）。「慎重なる」はリスクへの態度ではなく、対策の程度（費用）にかかっている。

9) 米国（カリフォルニア州）

【急性影響に対する規制】

なし（米国の場合、連邦レベル、州レベルとも、ICNIRP や IEEE のガイドラインを規制に採用することは行われていない）。

【不確かな慢性影響に対するリスク管理】

法令等：決定第 93 - 11 - 013（1993）[指令：order]

策定機関：カリフォルニア州公益事業委員会（CPUC）

内容：電気事業者は、送電線・変電所の新設及び既設の拡充計画の際に、計画予算の約 4% を電磁界低減のために用いる（無費用・低費用政策）。

規制の考え方：特定の値を採用するための科学的な根拠が確定されるまでは、電磁界に関しては特定の数値基準を設けることは不適當。無費用・低費用政策として採用した 4% の科学的根拠はなく、関係者による協議の結果。

参考情報：

- ・ 93 年、カリフォルニア保健サービス局により電磁界プロジェクトが開始され、2002 年に「小児白血病、成人脳腫瘍、ルー・ゲリック病、及び流産のリスクの増加につながる可能性がある」とする報告書が公表されたが、CPUC は健康影響は依然として立証されていないとして、2006 年に無費用・低費用政策を継続することとした（決定 06 - 01 - 042）。
- ・ カリフォルニア州では別途、教育局が学校立地選定の際の承認ガイドとして、高圧送電線の地役端からの離隔距離を設定している（例：50 - 133kV 送電線の場合 100 フィート）。

10) オランダ

法令等：架空高圧電力線に関する勧告（2005 年）【自治体・電力会社向け通知文書】

所管官庁：住宅・国土計画・環境省（VROM）

勧告の概要：

- ・ 地域計画や高圧架空電力線の軌道を決定したり、既存の計画や既存の高圧架空電力線を改修する場合、年間平均磁界 0.4 μ T を超えるような高圧架空電力線のまわりに子供が長期に滞在するという状況を、合理的に可能な範囲で避ける
- ・ 高圧架空電力線以外は EU 勧告を採用

規制の考え方（勧告文書より）：

- ・ 慢性影響に対するリスクは不確実であるが、社会的懸念、予防的取組（Precautionary approach）から費用対効果を考慮して策定。

参考情報

- ・ 勧告を基に対応するのは自治体であり、実際どのように実施するかは未定。
- ・ VROM は、疫学が示唆するリスクに不確実性が大きいという認識から、費用があまりかからない範囲でできることとして新設に限定。
- ・ 勧告は新設に限定しているが、自治体から、既設への対応についての声も出ており、今

後検討が行われる可能性あり。

- ・オランダは国土が狭く、人口密度が高いところも多い。一度都市計画を組んで後から変更する場合には非常に費用がかさむという認識がある。

1.1) スウェーデン

【急性影響に対する勧告】

法令等：電磁界への公衆曝露の制限に関する助言（2002年）【勧告/拘束力無し】

所管官庁：放射線防護庁（SSI）

勧告値（50Hz）：電界 5kV/m、磁界 100μT

【不確かな慢性影響に対するリスク管理】

法令等：低周波電磁界：国家機関の予防的取組 - 意思決定者向けガイダンス（1996）

策定機関：SSI 等 5 機関連名

概要：自治体向けのガイダンス文書。リスクの存在は不確実で、制限値や強制的規制を導入する根拠は無いが、ある程度の用心は必要として、費用対効果のある対策を推奨している（制限値や離隔距離等の定量的指針ではない）「全体的に曝露を低減させる措置が、合理的な費用で、その他様々な側面においても合理的な結果が導けるように実行できるのならば、懸念される環境において一般的な値から大きく逸脱している磁界を低減する努力を行うべき。新しい電気設備や建築物の建設を考える場合、計画段階で曝露が制限されるよう、設計及び位置決めをする努力を払うべき。」

参考情報

- ・人口密度や施設の立地状況等で費用対効果が異なるため、ガイダンスを基にどのような措置を行うかは、各コミュニティの判断に委ねている。
- ・ガイダンス資料を基に関心のあるコミュニティでは学校新設に対して電力線から距離をおくような対策を定めているところもある。

5.3 専門家へのヒアリング

(1) ヒアリング調査実施状況

電磁界の国内外における規制の状況、防護対策、その他超電導リニアに関する電磁界の評価で必要な事項について知見を得るため、下表に示す専門家を対象にヒアリングを実施した。

表 5.3 - 1 電磁界の規制・防護その他に関するヒアリング実施状況

| 氏名 | 所属 | 専門分野 | ヒアリング期日 | ヒアリング事項 |
|------|------------------------|----------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 多氣昌生 | 首都大学東京 理工学研究科 教授 | 分子生物学、 鉄道技術 | 2012年10月22日 (月)14:30~16:00 | ・国内外における電磁界規制の状況 ・電磁界の防護対策 ・その他 |

(2) ヒアリング結果

1) 首都大学東京 多氣昌生教授

日時：平成24年10月22日(月)14:30~16:00

場所：首都大学東京

参加者：首都大学東京 多氣昌生教授

(株)プレック研究所 辻阪、村瀬

議事要旨：

1) 海外の規制の動向について

- ・電磁界の研究については、英国が進んでいる。HPA という組織では周波数を問わず光まで研究している。厳しい規制ほど進んでいるというわけではない。スイスなど相当厳しい規制をしている。過剰反応ということもあるが、それで納得する人がいるならということで規制していて、厳しい規制が守れなくても最終的には ICNIRP と同じ水準でよいという制度になっている。
- ・EU では職場環境に関しては指令により労働者を保護している。騒音、振動、などの中に電磁界も入っている。MRI の使用に支障があるというので延期になっていたが、審議が再スタートしたようだ。
- ・規制の状況については、電磁界情報センターの大久保所長にヒアリングするとよいかもしい。電磁界情報センターでは収集した情報は基本的に全て開示しているため、開示された情報を説明してもらうこととなる。

2) 防護対策について

- ・磁界については、簡単には減らせない。竹中土木などのゼネコンに詳しい方がいる。MRI の入る病院の建築では様々な防護策が必要とされる。
- ・ただし、鉄道の沿線にそうした技術が使えるかどうかは疑問。
- ・野村総研が経産省の委託で調査を行っており、詳しい人がいる。

3) リニアから発生する電磁界について

- ・大江戸線や横浜市営地下鉄は車輪式のリニアモーター推進方式であるため、推進方式については参考となるが、磁気浮上の参考にはならない。また、アセスメントの経験がある点で参考となる部分があるのではないかと。
- ・リニモについては名古屋工業大学の藤原修先生が助言をされていたと聞いている。工学が専門で生体影響も研究されている。
- ・鉄道設備に関する電磁界の測定技術は発展途上であり、IEC (国際電気標準会議) の中で測定方法を規格化しようとしており、テクニカルマニュアルができている。
- ・車両についての測定法も標準化が行われているため、それに従って結果を出して評価することが重要。そこがしっかりしていることによって、根拠のある評価が行える。
- ・鉄道の電気設備については国土交通省が通常の電力設備同様に規制を行っている。電気設備からの電磁界と車両からの電磁界を切り分けて考えた方がよい。
- ・国交省の規制については、交通安全環境研究所の水間氏、鉄道関係の電磁界測定については鉄道総研が国際鉄道連合 (UIC : Union Internationale des Chemins de fer) の審議団体なのでそこが詳しい。
- ・ICNIRP の静磁界のガイドライン、低周波のガイドラインが出ているが、0~1Hz が抜けている。静磁界の中を動くことで変動が出てくるというもので、MRI の中を動くことで影響が出る。現在このガイドラインの案がパブコメ用に公表されているが、引用してはいけないことになって

いる。

4) 動植物への影響について

- ・動植物への影響については、電力中央研究所が研究を行っている。我孫子の生物の部署で根岸氏が詳しい。この分野については工学分野でも関心を持っている。宇宙太陽光発電でマイクロ波で送電するが、広大なサイトに変温動物がいるとどういった影響が出るかが問題となる。
- ・書籍「Effects of Electromagnetic Fields on the Living Environment」(ICNIRP) はあまり参考にならないかもしれないが、報告書を書く際の手掛かりにはなるであろう。生物影響については調査をしてもここまでしかわからなかったというものになるかもしれない。

5) 人の健康への影響について

- ・ヒアリング候補の豊島氏は現在の所属は USCI ホールディングスである。
- ・人の健康影響については ICNIRP のガイドラインで評価するのがよい。米国電気電子学会 (IEEE: The Institute of Electrical and Electronic Engineers) のガイドラインはアメリカで用いられており、WHO も国際的ガイドラインと認めているが、意志決定を関係者のコンセンサスで行うところがあり、安全に関わるテーマでそれでよいのかという面もある。
- ・ICNIRP は利害関係者を排して科学的に議論しようとする。現在日本からは渡辺聡一氏 (独立行政法人 情報通信研究機構) が委員となっており、その動きについて彼から情報が得られると思う。
- ・業界団体の自主的取組みとしては、ノイズの問題への対応で、他の電子機器が誤動作しないというのが中心。150 kHz 以上が対象。電子機器は人体よりも相当ノイズに弱く、電子機器が大丈夫なら人体も大丈夫である。人への影響までは業界団体は取り組んでいない。
- ・ICNIRP のガイドラインはペースメーカーは対象としていないため、別途検討が必要。

6) 審査の観点について

- ・発生源が移動する部分、時間的に変動する部分があり、時間的・空間的な磁界の変動を把握する必要がある。
- ・評価の基準としては ICNIRP のガイドラインが適当だが、参考レベルと比較する際に正しく測定されていることが重要。空間的に不均一で時間的にも瞬間的に上がるようなものだと、長時間平均を取ることに意味がない場合がある。
- ・測定結果がブラックボックス的に示されても、それがどう測定されたかがわからないと評価できない。
- ・電磁界過敏症については、WHO のファクトシートの記述が参考となる。

7) プレコーショナリーアプローチについて

- ・電磁界についてやろうとすると、きりがいい場合がある。積極的に言及すべきかどうか、判断が難しい。予防原則などと拡大解釈している人もおり、扱いが難しい。
- ・元々は用心しようというスタンス。用心するが何もしないこともある。WHO のファクトシートの記述が参考となる。
- ・対策検討のフロー図において、規制値を超えないものに健康影響の懸念があるということは普通はない。むしろ、規制値を超えるか？でなく、基準を適用可能か？で場合分けし、適用できない場合にどう対応するかを考えるとよい。

以上

第6章 電磁界に対する防護対策

電磁界に対する防護対策は主に人の健康への影響を防止するための対策と、電気・電子機器への干渉等の影響を防止するための対策とに大別されるが、環境影響評価においては、人の健康への影響を防止する観点から防護対策を検討する。

6.1 収集資料

- ・電気通信技術審議会答申 諮問第38号「電波利用における人体の防護指針」
(平成2年6月)
: 人体の防護を目的とするもので、電波が対象。
「電波防護指針」と呼ばれる。

6.2 防護対策の概要

(1) 電波防護指針における防護方法

人体の安全と電波利用の調和を目的とする電波防護指針においては、人体防護の方法として、「遮断・絶縁」、「距離制限」、「時間制限」、「電力制限」、「安全管理」の5つを挙げている。

- ・電波防護指針(平成2年6月)

第6章 防護法

6.2 防護方法

防護方法は、遮断・絶縁、距離制限、時間制限、電力制限及び安全管理の五つに大別され、これらを有機的に組み合わせて最適な効果となるようにする。

6.2.1 遮断・絶縁

電磁波源と人体との間を電磁氣的に遮断又は絶縁して対策するものである。

漏洩電磁波等に対しては、電磁波源又は電磁波源を含む空間を電磁遮蔽材等で覆うことにより遮蔽する方法、金属板や電波吸収材を用いた衝立等により電磁界強度を軽減する方法がある。

接触電流に対しては、金属物体を非誘導材により被覆することや金属体を接地する等の方法があり、また、足首誘導電流に対しては、床面を絶縁状態にすること等により人体の非接地条件を確保する方法がある。

なお、電磁波源の保守等の特殊な状況に対しては、防護具(防護服、防護眼鏡、絶縁靴、絶縁手袋)の使用で電磁界強度の軽減が可能である。この場合、防護具としては基礎指針に基づいて評価されたものを用いる必要がある。しかし、現在、防護素材の評価法はかなり進んでいるものの、これらで構成した防護服等の評価法はまだ研究段階にあり、我が国でもその効果の追試がされていない。

6.2.2 距離制限

電磁波源と人体との間の距離を一定以上確保して対策するものである。

具体的には、利用状態において指針に適合する機器構造とする、電磁波源から一定範囲を立入禁止とする。空中線地上高を高くする等の方法がある。

6.2.3 時間制限

電磁波源の送信時間又は稼働時間を小さくし、平均時間の評価を考慮して対策するものである。

間欠利用される設備のデューティサイクルを小さくする、稼働（操作）時間を平均時間（6分間）内で制御する等の方法がある。

6.2.4 電力制限

対象空間に対する輻射電力量を低減することによって対策するものである。

複数波源が局所的に集中しないように配置する、空中線の輻射パターンを利用する、空中線系が特定方向を向かないようにする等の方法がある。

なお、電磁波源の保守等の特殊な状況に対しては、一時的に電磁波源の出力を低減又は停止する方法がある。

6.2.5 安全管理

安全管理マニュアル、機器の操作説明書等において、防護に関して必要な情報を明示し、操作者又は運用者が、この情報に基づく適切な行動を励行することによって対策をするものである。

安全管理マニュアルに関する情報としては、次の項目が考えられる。

障害発生の可能性と回避行動

立入禁止区域の設定、標識の掲示、注意書き表示

波源との適切な距離確保

金属物の着用制限

電磁界強度モニター等の利用

測定・推定等による電磁界強度の事前確認

ペースメーカー使用者等の特異な状況

なお、電波防護指針においては、電磁波による熱作用、刺激作用から人体を防護するうえで指針として「比吸収率（SAR：Specific Absorption Rate）」、「誘導電流密度」、「接触電流」の基礎指針が定められている。基礎指針は直接測定することができない人体組織内部の電磁現象について定められているため、直接測定することのできる電界強度の実効値、（ $E[V/m]$ ）、磁界強度の実効値（ $H[A/m]$ ）、電力密度（ $S[mW/cm^2]$ ）について定められた管理指針を定めている。

管理指針は、条件 P と条件 G の 2 つの条件について定められており、条件 G は条件 P

に一定の安全率を見込んだものとなっている。(条件 P は ICNIRP のガイドラインにおける職業上の曝露、条件 G は一般公衆の曝露に相当)

3.3 基礎指針

基礎指針を表 5 に示す。基礎指針は管理指針の根拠となる概念であるとともに、生体作用発生の可能性を判断するための基礎を与えるものである。

表 5 基礎指針

- 1 全身平均 SAR の任意の 6 分間平均値が、0.4W/kg 以下であること。
- 2 10kHz から 100kHz までの周波数では、組織内の誘導電流密度が $0.35 \times 10^{-4}f[\text{Hz}]\text{mA}/\text{cm}^2$ 以下であること。
- 3 10kHz から 100kHz までの周波数では、接触電流などが体外からの流入電流が $10^{-3}f[\text{Hz}]\text{mA}$ 以下(平均時間 < 1 秒間)であること。また、100kHz から 100MHz までの周波数では、100mA 以下(平均時間 6 分間)であること。
- 4 上記の(1)(2)及び(3)に加え、次の点に関して注意事項として考慮すること。
 - (a) 全身平均 SAR の任意の 6 分間平均値が 0.4W/kg 以下であっても、任意の組織 1g 当りの SAR (6 分間平均値) が 8W/kg (体表と四肢では 25W/kg) を超えないことが望ましい。
 - (b) 3GHz 以上の周波数においては、眼への入射電力密度(6 分間平均)が $10\text{mW}/\text{cm}^2$ 以下とすること。

3.2 管理指針

管理指針は、基礎指針に基づいて定められたもので、実際の電磁環境の評価は主に管理指針を用いて行う。この指針は、電磁界強度指針及び補助指針から成り、第 4 章及び第 5 章で示す測定法及び電磁界強度の推定法に基づいて適用する。

表 2(a) 条件 P の電磁界強度 (6 分間平均値) の指針値

| 周波数 f | 電界強度の実効値 E[V/m] | 磁界強度の実効値 H[A/m] | 電力密度 S[mW/cm ²] |
|-----------------|---|--|--------------------------------|
| 10kHz - 30kHz | 614 | 163 | |
| 30kHz - 3MHz | 614 | $4.9f(\text{MHz})^{-1}$ (163-1.63) | |
| 3MHz - 30MHz | $1,842f(\text{MHz})^{-1}$ (614-61.4) | $4.9f(\text{MHz})^{-1}$ (1.63-0.163) | |
| 30MHz - 300MHz | 61.4 | 0.163 | 1 |
| 300MHz - 1.5GHz | $3.54f(\text{MHz})^{1/2}$ (61.4-137) | $f(\text{MHz})^{1/2}/106$ (0.163-0.365) | $f(\text{MHz})/300$ (1-5) |
| 1.5GHz - 300GHz | 137 | 0.365 | 5 |

表 2(b) 条件 P の低周波領域における電磁界強度 (平均時間 < 1 秒) の指針値

| 周波数 f | 電界強度の実効値 E(V/m) | 磁界強度の実効値 H(A/m) |
|----------------|--------------------|--------------------|
| 10kHz - 100kHz | 2,000 | 163 |

表3(a) 条件Gの電磁界強度（6分間平均値）の指針値

| 周波数 f | 電界強度の実効値 E[V/m] | 磁界強度の実効値 H[A/m] | 電力密度 S[mW/cm ²] |
|-----------------|---|--|--------------------------------|
| 10kHz - 30kHz | 275 | 72.8 | |
| 30kHz - 3MHz | 275 | 2.18f(MHz) ^{1/2} (72.8-0.728) | |
| 3MHz - 30MHz | 824f(MHz) ^{1/4} (275-27.5) | 2.18f(MHz) ^{1/4} (0.728-0.0728) | |
| 30MHz - 300MHz | 27.5 | 0.0728 | 0.2 |
| 300MHz - 1.5GHz | 1.585f(MHz) ^{1/2} (27.5-61.4) | f(MHz) ^{1/2} /237.8 (0.0728-0.163) | f(MHz)/1500 (0.2-1) |
| 1.5GHz - 300GHz | 61.4 | 0.163 | 1 |

表3(b) 条件Gの低周波領域における電磁界強度（平均時間<1秒）の指針値

| 周波数 f | 電界強度の実効値 E(V/m) | 磁界強度の実効値 H(A/m) |
|----------------|--------------------|--------------------|
| 10kHz - 100kHz | 894 | 72.8 |

(2) 超電導リニアにおける防護対策の考え方

電波防護指針における5つの人体防護の方法を参考に、超電導リニアから発生する電磁界の特性を踏まえて、沿線における防護対策の考え方を検討した。

1) 遮断・絶縁

シールド等による遮断・絶縁は、どちらかといえば電磁界を遮断したい閉じた空間に対する防護対策であることから、沿線の開放された空間に対する防護策として効果的でない可能性が考えられる。ただし、リニアの走行状況とは無関係に対策を講じることが可能である。

2) 距離制限

第2章において整理したとおり、電磁界は距離の2乗に反比例して減衰することから、距離制限は超電導リニア沿線において有効な防護対策のひとつと考えられる。

3) 時間制限

超電導リニアの場合、電波と異なり沿線での磁界の発生は間欠的であり、かつ、1列車あたりの通過時間は最短で3秒と短いことから、さらに時間を短縮するという対策は現実的ではない。

4) 電力制限

超電導リニアの電力供給は、走行状況に応じて制御されるものであるため、電磁界を低減するために電力制限を課すことは現実的ではない。

5) 安全管理

超電導リニアの沿線を、電波の管理区域のようにみなして人の行動に注意を喚起したり、一定の制限を設けることは現実的ではない。

参考：電磁波の遮蔽に関する資料

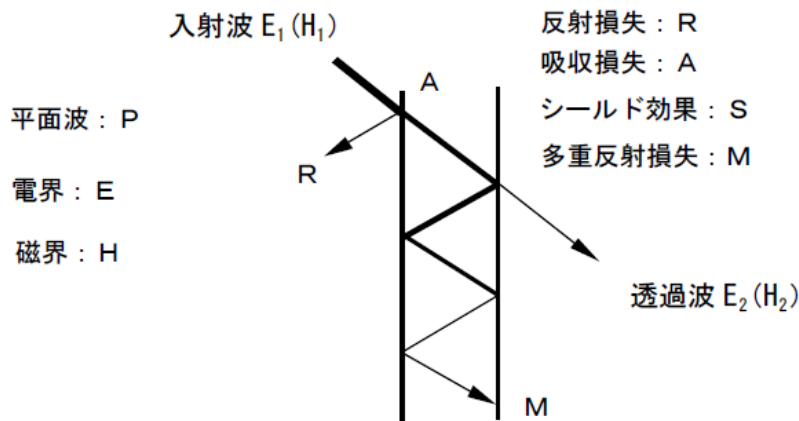
(技術分野別特許マップ 電気 23 電磁波遮蔽技術(平成12年度 特許庁))

4.1.3 電磁波シールドの理論

電磁妨害発生源から被影響体への伝搬経路には空間を通しての放射性妨害と導線を通しての伝導性妨害の2種類がある。空間を通して到来する電磁波の遮蔽に関しては、一般にシュルクノフ(米国、ベル研究所)の金属板による理論で説明されている。

電磁波がシールド材に入射すると、この電磁波はシールド材によって、一部は反射され(反射損失:R)、透過した電磁波は吸収され減衰する(吸収損失:A)。さらにシールド材の反対側に到達した電磁波はその境界面で再反射されシールド内部で反復反射する(多重反射損失:M)。すなわち、シールド材に電磁波が入射したときのシールド効果の合計Sは(式1)で表すことができる(図4.1.3-1参照)。

図 4.1.3-1 電磁波シールドの理論図



$$S = A + R + M \quad \dots\dots\dots (式1)$$

$$S = 20 \log (E_2/E_1) = 20 \log (H_2/H_1) \quad \dots\dots\dots (式2)$$

(式1)においてシールド材の(吸収損失A)が10 dBz 以上の場合は(多重反射損失M)

は無視できる。

入射電磁波エネルギーをどの程度減衰させることができるかの指標がシールド効果である。シールド効果は、入射電界と透過電界の比の常用対数を 20 倍したもので、単位（減衰率）は dB（デシベル）で示される（式 2）。

一般にシールド効果の目安として、

- ① 0～10 dB……シールド効果はほとんどない。
- ② 10～30 dB……シールド効果として最小限度。
- ③ 30～60 dB……シールド効果は平均レベル。
- ④ 60～90 dB……かなりシールド効果あり。
- ⑤ 90 dB 以上……シールド効果として最高級。

といわれている。

シールド効果は電磁波の周波数、電磁界の種類、シールド材料の導電率、透磁率、厚さなどと関連があり一般に次のことがいえる。

- 反射損失 (R) は比導電率/比透磁率が大きいほど大きい。
- 吸収損失 (A) は比導電率×比透磁率が大きいほど大きい。
- 吸収損失 (A) はシールド材の厚さと周波数に比例して増大する。

表 4.1.3-1 に示す金属のうち、銀、銅、アルミニウムなどの高導電性の材料は反射損失が大きく、鉄などの高透磁率を有する材料は反射損失は小さくなるが吸収損失は大である。

表 4.1.3-1 金属材料の比導電率と比透磁率

| 金属材料 | 比導電率 | 比透磁率 |
|--------|------|-------|
| 銀 | 1.06 | 1 |
| 銅 | 1.00 | 1 |
| アルミニウム | 0.61 | 1 |
| マグネシウム | 0.38 | 1 |
| 黄銅 | 0.26 | 1 |
| ニッケル | 0.23 | 1 |
| 鉄 | 0.17 | 1,000 |

これらの金属の中では銅はバランスのよい金属で、プラスチックの導電化には適しているが、酸化されやすい欠点があるので注意が必要である。銀はコスト高のため量産用としては不適である。なお、アルミニウム、ニッケルなどは銅に次いで導電化には適している。一方、鉄は従来よりハウジングなどに使用されていたが、比透磁率や比導電率×比透磁率が他金属と比べて大きく、低周波帯の磁気シールドに適した材料といえる。

参考：電磁波の遮蔽に関する資料

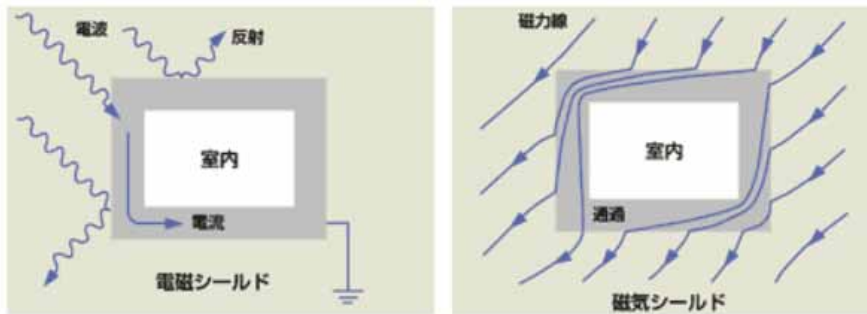
(テクノライブラリ 電磁波のシールド技術 鹿島建設ウェブサイト)

http://www.kajima.co.jp/news/digest/jul_2002/techno/techno.htm

電磁シールドと磁気シールド

電波と磁気とは性質が異なるため、そのシールド方法も異なる。

電波を遮蔽する「電磁シールド」は、銅などの導電性の材料で周囲を取り囲み、その表面で電波を反射させ、電波の侵入や漏洩を防止する。建物全体をシールドするには、壁、床、天井にシールド層を造り扉や窓にはシールド扉やシールドガラスを使用する。その他、換気孔などには特殊フィルタを設置し電波の通り抜けを食い止める。当社が施工したフジテレビ本社ビル(東京都港区)には、隣接するスタジオ間でのワイヤレスマイクの混信や、到来する電波による機器の誤作動などを防ぐため、当社の電磁シールド技術を多数投入した。以後、この実績を活かし、様々な規模の放送局建設を手掛けている。



電磁波のシールドのしくみ