

環境中の電磁スモッグ



スイス環境森林景観庁（SAEFL）

【この翻訳冊子について】

スイスは世界で最も先進的な電磁波防護関連法規を制定している国です。2006 年に同国のスイス環境森林景観庁（SAEFL）は、国民向けに予防的観点を重視した解説ブックレット『Electrosmog in the environment』を発行しました。同書は SAEFL のホームページから無料でダウンロードできますが、日本の市民にも利用価値が高いと思われるので、全文を日本語に訳し、市民科学研究室のホームページで入手できるようにしました。日本語に翻訳することを快く許可してくださった SAEFL に感謝します。

なお、この翻訳書の訳文や図表を引用する場合は、原著名と翻訳者名（NPO 法人市民科学研究室）に必ず添えるようにして下さい。

2007 年 6 月 28 日 NPO 法人市民科学研究室

電力供給体系、電気機器および各種の無線装置は、その強度によっては健康に有害となりうる、通常「電磁スモッグ」とよばれる非電離放射線を生成する。連邦議会は、非電離放射線防護関連法を制定し、電磁スモッグの健康への悪影響から国民を保護するための法的手段を導入した。

この小冊子は、主要な電磁スモッグの源泉を記述し、関連する危険を評価し、未解明の部分进行特定し、曝露水準を低減する方法を示すものである。

2005 年 6 月

公衆衛生のための予防

現代情報通信技術の発展により数えきれぬほどの手段が選択できるようになったが、そのおかげで過去 10 年かそこらの間に、日常生活はすっかり変わってしまった。携帯電話とインターネットの急速な成長は、そのうちの二つの例にすぎない。

今ではさらに多くの電気機器や無線装置が、家庭や職場で、あるいは移動中にも用いられているが、そのことには、非電離放射線による環境汚染の増大という、否定的な側面もある。連邦議会は 2000 年 2 月に、電磁スモッグの健康への悪影響から国民を保護するための手段として、非電離放射線防護関連法を制定した。それは、科学的に確認された悪影響から国民を保護するために、送電線その他供給装置、携帯電話基地局アンテナおよび無線送信機に関して、曝露基準を定めたものである。同法はそれに加えて、住民が長期間占拠する地区に近接して建設される装置に対して、厳重な規制を課しているが、そこでは予防原則を適用して、曝露基準をさらに低く設定している。

非電離放射線とその生物学的影響は複雑であり、ヒトは放射を直接に知覚する感覚器官をもっておらず、研究には未解明の部分があり、さらに健康リスクには不確実性がつきまとうため、さまざまな恐怖や憶測が生じがちであるが、スイス環境森林景観庁は、この冊子を通じて事実に関する情報を提供することにより、それを克服することを望んでいる。この冊子はたとえば、非電離放射線の健康に対する影響に関する最新の発見を、できるかぎり客観的な形で提供している。ここではまた、環境中に常在する見えない放射に視覚的なイメージを与え、それをより捉えやすいものにすることを試みた。

しかしこの冊子はまた、個人的責任の側面にも触れている。というのは、電磁スモッグはしばしば自家製であるからだ。多くの家庭において、非電離放射線の主要な源泉は外部の供給体系ではなく、むしろ内部の電気機器である。そうすると、法的な規制による保護にも限界がある。自身の利益を考慮して行動し、現代技術が提供する多数の選択肢を慎重に使用すべきなのは、われわれひとりひとりである。



ピリッペ・ロッホ（SAEFL 長官）

目次

■電磁スペクトル

各種周波数領域の電磁放射を、図解で概観する。「電磁スモッグ」とは、0 から 300 ギガヘルツまでの周波数領域にある、人工的に生成された非電離放射線の総称である。

■電磁スモッグと健康 【8 頁】



高密度の非電離放射線が健康に有害であることは、科学的に立証されているが、国際基準値以下の曝露水準でも、何らかの生物学的効果が生じる。その種の効果が健康にどれだけ有害であるかは、今のところ科学者にもわからないので、何らかの予防策を講じることが望まれる。

■非電離放射線防護関連法 【17 頁】



2000 年 2 月 1 日に制定された非電離放射線防護関連法は、送電装置による短期曝露に対して基準値を制定している。同法はまた、各種放射源の設置に先立って、予防的な基準値を制定し、住宅地での長期的な曝露をも減らそうとしている。

■電力供給 【26 頁】



電場と磁場は、電気の運送と使用の不可避な副産物である。それへの最大の曝露は、高压電線および変電所に、ごく近いところで起こる。

■家庭内の電気機器 【40 頁】



ほとんどの住居において、電磁スモッグは自家製である。したがって、基本的な対策をとることにより、われわれ自身が曝露水準を相当に減らすことができる。たとえば、ラジオつき時計など常時作動している電気機器を人が長時間すごす場所に置くことは、避けるべきである。

■携帯電話 【58 頁】



スイスには数千の基地局があり、ほぼ全国での携帯電話サービスを保証している。その一方で多数のアンテナが、国中で高周波放射を増加させている。

■鉄道路線 【51 頁】



鉄道路線沿いの磁場は相当に変動している。機関車が加速ないし停止すれば電流が増加し、したがって磁場も強化される。曝露水準は頻繁に変動する路線でより高い。

■放送・マイクロ波通信網・アマチュア無線 【73 頁】



テレビ・ラジオ放送用の高出力送信機は、普通は高所に設置されている。通常は基準値を超える範囲には住居はないので、建設に際して基準値を遵守することに大抵は問題はない。

■室内の無線機器 【83 頁】

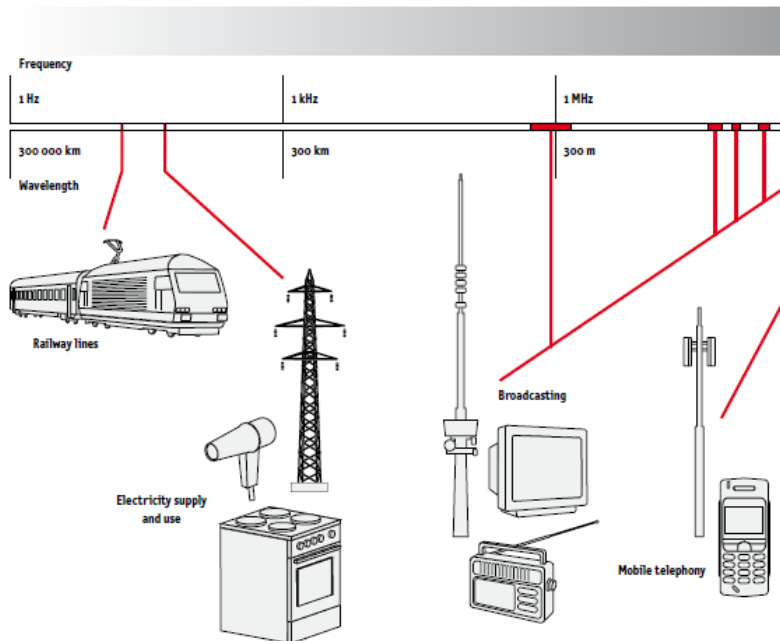


コードレスの電話やヘッドホン、ベビーモニター、WLAN 親機等の無線機器も、住居内においてますます多く使用されている。送信出力は比較的低いことが多いが、それらの機器は、室内の高周波数放射曝露をもたらす主要な要素になっている。

■電磁スペクトル

この図は電磁スペクトルの全範囲を概観するものである。電磁放射は自然にも人工的にも生成されるものであり、たとえば高圧電線からの電場と磁場、携帯電話基地局やラジオ送信機からの放射、可視光線、X線などがある。物理学的にはこれらの放射は、周波数、すなわち1秒あたりの振動回数によって区別される。周波数によって、電磁場の放射特性および人体への影響は異なる。

低周波数場



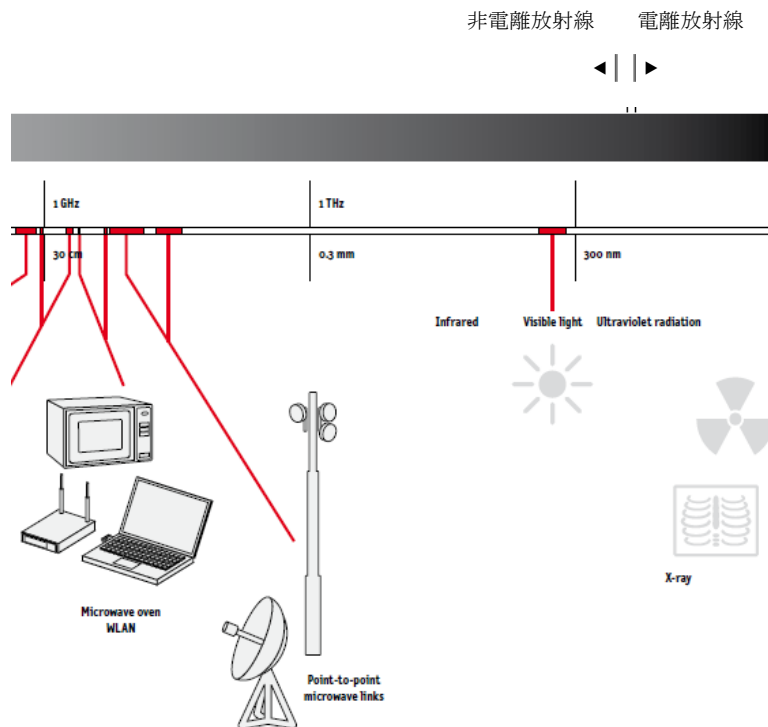
周波数スペクトルの区分

電磁放射の周波数スペクトルは、非電離放射線と電離放射線に大別される。非電離放射線は、高周波数放射、低周波数放射、赤外線、可視光線、紫外線に別けられる。人工的に生成された高周波数放射と低周波数放射は「電磁スモッグ」とも呼ばれる。

低周波数の場

低周波数領域には、鉄道路線、高圧電線および家庭用電気機器から放射される電場と磁場がふくまれる。鉄道電力供給の周波数が1秒あたり16.7回の振動であるので、それが生成する場の周波数も16.7ヘルツである。それに対して、公共電力供給の周波数は50ヘルツである。

高周波数場



高周波電磁場

振動が1秒あたり30000回以上であるときに、高周波数の電磁波が問題になる。ここでは電場と磁場は統合され、波動となって伝播する。これは情報の無線送信に利用される。具体例としては、テレビ・ラジオの送受信機、携帯電話、マイクロ波通信網、レーダーなどがある。その種の機器では、中波ラジオの数百キロヘルツから、マイクロ波通信の数十億ヘルツ（数ギガヘルツ）までの電磁場が用いられるが、熱線（赤外線）と可視光線の周波数はさらに高い。これらはもはや「電磁スモッグ」と呼ばれることはないが、依然として非電離放射線の部類に属している。

電離放射線

電離放射線への移行は紫外線領域で起こる。電離放射線にはX線とガンマ線が含まれる。非電離放射線とはことなり、電離放射線は、生物の基本的構成要素（分子・原子）を直接に変化させるのに、十分なエネルギーを持っている。

■電磁スモッグは健康に有害か



高密度の非電離放射線が健康に有害であることは、科学的に立証されており異論がないが、人々がそれほど強烈な放射に曝露することは労働災害を例外とすれば決してない。しかし生物学的効果は、国際的に勧告された基準値よりずっと低い水準であっても起こりうる。そういう効果がどれほど有害であるかは科学者にもわからないので、何らかの予防措置を講じることが推奨される。

低周波数放射の影響

鳥類や魚類など多くの動物とは異なり、ヒトは電場あるいは磁場を知覚する器官を持っていない。われわれにできるのはせいぜい、それを間接的に探知することぐらいである。たとえば、高圧電線の真下に立つと、うずくような衝撃を皮膚に感じるという人がある。その場合、変動する電場が体毛を振動させ、それが衝撃として感じられるのである。この効果は不快なものと感じられるかもしれないが、何ら健康への危険を意味するものではない。

神経と筋肉の刺激

より強烈な電磁場が健康に有害であることは知られているが、日常生活でそのような場に曝露することは通常はない。たとえば、10000 マイクロテスラを超える極度に強烈な磁

場は、神経・筋肉細胞の機能不全を起こしうる。それほど強い磁場は、人体の臓器に電流を生じさせて、望ましくない神経の興奮や筋肉の収縮を起こす。また心臓が 1000000 マイクロテスラを超える極端な磁場に曝されれば、生命をも脅かす心筋の痙攣が起こりうる。

神経や筋肉へのこのような影響は刺激効果といわれている。そのような効果は、科学的に立証されており、国際的な防護基準値を決めるための基礎にもなっている。そういう基準値を超えないかぎり、神経・筋肉細胞の機能不全が、低周波数場によって惹起されることはない。

基準値以下の効果

しかし多くの研究が示すところによると、場の強度が国際的に決定された基準値以下であっても、生物学的な反応が起こりうる。そのような反応は、「基準値以下の効果」と呼ばれている。

動物と人間を対象とする実験により、行動の変化、学習能力への介入および内分泌系への影響がみだされている。たとえば、メラトニンというホルモンの産出が通常より低下することがわかっている。メラトニンは、生物時計を調整し、免疫機構を刺激し、腫瘍の成長を抑制する。メラトニンの不足は、不眠・疲労および抑鬱に関連する。これまでの研究によって、細胞の成長・代謝への影響や、遺伝物質の変化など、低周波数場のさまざまな影響が知られている。

「基準値以下の効果」が存在することには異論がないが、どのようにしてそれが起こるのかは知られていない。現在の知識を前提にするかぎり、そういう効果が健康への危険を意味しているのか、そうだとすればいかなる条件下で起こりえるのか、を述べるのは難しい。

子どもの白血病の危険を増す？

対象とされた特定の集団における特定の病気の発生率を調べる疫学的研究は、非電離放射線により起こされるかもしれない悪影響について、より多くのことを発見するための一手段である。この種の研究は、1980 年代はじめ以来、多くの国において、低周波磁場が、癌を発生させたり、癌の成長を促進したりすることはあるのか、を見極めるために行われてきた。結果がまちまちで、しばしば矛盾しているという時期が長く続いたが、最近の研究および以前の研究の再検討をへて、研究者らは同じ結論に行き着いた。0.4 マイクロテスラをこえる磁場に長期間曝露している児童においては、白血病を発症する危険はおそらく 2 倍に高まるというのである。

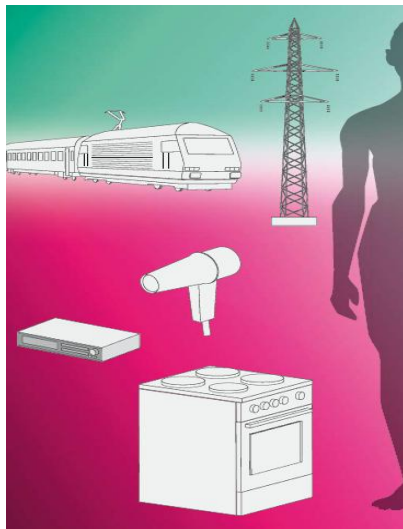
癌研究国際機関（IRAC）も同様の結論に達しており、2001 年には、低周波磁場を、「ヒトの発癌をもたらす可能性のあるもの」に分類している。弱い磁場が白血病の危険を高める

ことは、確実な、あるいは証明されていることではないにしても、あり得ることであると、同機関は考えている。

スイスでは年に 60 人の児童が白血病に罹患する。もし 0.4 マイクロテスラを超える低周波磁場への曝露が白血病の危険を 2 倍に高めるのであれば（これはまだはっきりと証明されているわけではないが）、毎年 1 件の発症が磁場に起因するものであり、残りの 59 件は他の原因によるものであることになる。

白血病の危険を高める疑いがあるということは、低周波磁場への長期にわたる曝露を、予防的手段を講じてできるだけ低く抑えなくてはならないというひとつの理由になる。家庭用電気機器が源泉であるのなら、われわれ自身が、屋内での曝露水準を抑えていくことができる。それに対して環境中の送電体系は、2000 年 2 月 1 日に実施された非電離放射線防護関連法の対象であり、住居・事務所・学校・病院・運動場など長期にわたり人々が占拠する場所での、磁場を減少させるための予防的措置を講じることが求められている。そういう施設がある場所においては、すべての新たな高压電線および変電所に対する基準値は、それらが最大限に稼働したときには、1 マイクロテスラとしている。しかし目いっぱい稼働することはめったにないので、長期曝露はこの水準を優に下回る。

低周波数電磁場



われわれは日常生活において、多種多様な源泉からの非電離放射線に曝露している。たとえば鉄道送電線、電力供給体系および家庭用電気製品はみな、低周波数電磁場を生成している。そのような場は十分に強烈であれば、体内に電流を生成して、望ましくない神経の興奮や筋肉の収縮を引き起こす。

高周波数電磁場



テレビ・ラジオ送信機、携帯電話基地局、レーダー施設および電子レンジはみな、高周波数電磁場の放射を生成する。これは低周波数電磁場とは異なる物理的実体であり、その人体への影響もかなり違う。強力な高周波数電磁場の放射は体内で熱に変換され、それが敏感な器官に損害を与えうる。低水準の放射の影響を明確にするにはさらに研究が必要とされる。

高周波放射の影響

電子レンジを使用するときには、実際には強力な高周波放射の生成する熱を使用しているのである。そのとき、野菜や肉の生物組織は、放射されたエネルギーを吸収して加熱されるのだ。しかし生物組織を加熱するのは電子レンジだけではない。たとえばラジオや携帯電話の送信機など、あらゆる源泉からの高周波数電磁放射の結果として、その過程は起こるが、ただし放射が十分に強力でなくてはならない。

人体内の生体反応の多くは、狭い温度範囲でのみ起こる。発熱をともしなう病気をみれば、体温が摂氏数度上がっただけでそういう反応が激しく妨害されることがわかる。そのため、電磁放射による熱作用は望ましくないと考えられる。

有害な熱作用

日常生活においては、熱作用が健康を害するに十分なほど強力な、低周波数放射に曝露

するという事は通常はない。

熱吸収の結果として体温が摂氏 1 度から 2 度以上上昇すれば、健康への危険が生じる。その結果は、記憶障害や、生殖器官を含む体内機能の攪乱など、発熱ないし熱中症の際に経験されるものに似ている。特に血流が少なく、したがって早急に冷却されない器官が危険に曝される（たとえば目が白内障をおこしうる。）体温がさらに上昇すれば、体内やけどや、心臓発作による死さえ起こりうる。

海外の労働災害の事例、とりわけレーダー装置が関与するものを見ると、高周波数放射がどれほど危険になりうるかがわかる。たとえば不注意にレーダー送信機のすぐ近くに迷い込んだ技師が、突然非常な熱さを感じ体内やけどを負ったという。彼とその 2 人の同僚は、皮膚損傷および重度の出血症のため病院に運ばれた。3 人はみな、疲労・めまい・頭痛および目への圧迫感を訴えていた。強力な低周波数放射のこういう急性効果については、科学者はみなよく承知しているが、これは放射強度がある限界を超えたときにのみ起こる。該当する基準値は、短期曝露の有害な影響から人々を保護することを目的とする、国際的に承認された基準を定義するときの基礎とされている。

多様な比熱作用

しかし各種の研究は、放射強度が国際基準を優に下回っているときでも、生物学的効果が生じうることを示している。そのような効果は体温を上昇させないので、比熱作用と呼ばれる。

被験者を用いた実験では、たとえば、携帯電話からの放射が脳波や睡眠のあり方に影響することが示されている。室内での実験では、実験動物の行動変化や、培養細胞の生理学的変化が、低強度高周波数放射の結果として観察されている。

疫学的研究もまた、ある疑惑を示している。テレビ・ラジオ送信機の近くで行われた研究では、期待されたよりも高率の白血病およびリンパ腺腫が観察されたという。しかし発見は一様ではなく、一部の研究には方法論上の欠陥もある。

健康への潜在的影響の指標は、ある程度は、対象集団そのものから来ているのかもしれない。たとえばベルン州シュバルツェンベルクの、今では認可を取り消されている短波ラジオ送信所の近所にいた住民たちが、神経過敏・不安・不眠・虚弱体質・疲労および手足の痛みを訴えはじめ、その後で連邦政府の意向を受けて実施された疫学的研究において、睡眠障害と送信状況との間に統計的関連が示されたことがあった。だがこの研究では、各種の症状が本当に送信機からの放射から起きているのか、それとも混乱要因が含まれているのか、厳密に決めることはできなかった。

しかし、低周波数放射が非熱作用を起こすという事実については異論がない。問題なのは、その効果がどのようにして起こるのかが、まだわかっていないことである。現在の知識では、その効果が健康への危険を意味するのか、そうだとすればいかなる条件であるの

か、ということをするのも難しい。矛盾する結果があり、追試が成功していない実験もあるということからみて、有意義な評価をするのは困難なのである。これは、低強度高周波数放射の健康への影響について実態を知るには、さらに研究が必要であることを示している。



強力な電磁放射は人体を加熱し、発熱に類似した症状を起こしうる。ONIR（非電離放射線防護関連法 Ordinance relating to Protection from Non-Ionising Radiation）に定められた基準値は、望ましくない熱作用からわれわれを保護するものである

電磁波過敏の現象

人類は非電離放射線を直接に関知する器官を持っていないが、特別に敏感な人は非常に弱い電場でも感知できるらしい。健康に関する症状が電磁スモッグによって起こされたのは確かだと、感じている人もいる。

微弱な電場の感知

微弱な電磁放射を意識的に感知できる人がおり、それは実験的にも確認されている。被験者は、本物とダミーの放射を区別することを求められる。その区別が偶然よりもよい成績でできる人が5%ぐらいいる。しかし弱い電磁場を感知できるということは、その人が電磁スモッグで健康を害していることを意味しない。

電磁波過敏症

電磁波過敏症（あるいは電磁波高感受性）という語は、ある人の健康上の問題が低強度非電離放射線に起因する場合に用いられる。そのような人々は、不眠・頭痛・神経過敏・一般的疲労・集中力欠如・耳鳴り・めまい・四肢痛・心臓痛など、頻繁だが特異ではない症状を訴える。

一般にこれらの症状の原因を正確に決めるのは難しい。電磁スモッグの他にも、ストレ

ス・騒音・点滅する光・化学物質および心身の不調など、さまざまな要因が問題になる。また、電磁波過敏症を客観的に診断するための一般に認められている基準はなく、微弱な場を感知する能力と電磁波感受性とは、それぞれ独立して存在しているようである。つまり、電磁波感受性を持つ人が、必ずしも平均より高い電磁場感知能力を持っているとは限らず、逆もまた真である。

これらふたつの現象については、答えられねばならない問題がまだ多く、したがって、まだまだ多くの研究が必要とされている。



この実験では、被験者の頭部は、携帯電話により生成されるのと類似した電磁場に曝露している。たった 30 秒の曝露でも脳の活動が変化するが、そのことから、健康への潜在的危険について、明確な結論を出すことは、今のところできない。



電磁波感受性を持つ人々は、放射の量が国際基準を優に下回っているときでさえ、低強度非電離放射線によって不快感を覚える。その症状は、耳鳴りなど、特異ではないものである。

◆12・13 ページの表に関する説明

12・13 ページの表は、SAEFL の意向をうけて、バーゼルの社会予防医学研究所により遂行され、2003 年に公表され 2004 年に改定された、『高周波放射と人間の健康』と題する研究に、主として依拠している。この研究は、200 以上の先行研究の結果を、個別的に評価したものである。

高周波被曝の影響評価

「証拠」欄はそれぞれの効果の確実性を示している。この目的のために以下の分類がなされた。

確立している：当該効果は厳密な科学的試験に耐える。

おそらく有力：当該効果は、かなり確実に他の影響しうる要因を除外させるほどの質をもった複数の研究によって支持されているが、もっともらしい因果関係が欠如している。

あり得る：当該効果は複数の研究で観察されているが、結果は一貫していない。個々の事例に関する報告は、科学的指標を支持している。

あり得ない：当該効果を支持する指標はなく、その不在を支持する指標は複数ある。

評価不能：存在するデータが、意味のある評価をするには不十分である。
第二に、当該効果と健康との関連が、確実性の程度とは無関係に評価された。

深刻：当該効果は生活の質を著しく制限する。それは生命を脅かすものであり寿命を縮める。

健康損傷：当該効果は生活の質と健康をおおいに制限するが、その症状は生命を直接に脅かすものではない。

関連不明：当該効果は生理学的に測定可能であるが、観察される変化は、健康な個人の通常変動の範囲内にある。不通は自覚されないので、健康への急性の危険を意味するものではなく、生活の質に影響するものでもない。しかし、長期的にみて健康への危険につながるものかどうかはわからない。

証拠	影響			放射源
	深刻	健康損傷	健康への関連不明	
確立している	熱効果（記憶などの障害、 白内障、内部に生じる火傷）			基準値を超える様々な放射源
おそらく有力		特定できない兆候（頭痛、疲労、集中力低下、不安、皮膚のほてり感など）	脳の活動 睡眠の状態	携帯電話 携帯電話 携帯電話
あり得る	白血病、リンパ腫 脳腫瘍	睡眠障害 電磁波過敏症	認知的機能、反応時間	TV・ラジオ送信機 携帯電話 ラジオ送信機 携帯電話 携帯電話
あり得ない	死亡 上記下記以外のガン			携帯電話 様々な放射源
評価不能	死産 遺伝子毒性 乳ガン 眼のガン 生殖腺のガン	精神的兆候 特定できない兆候	内分泌系 免疫系 高血圧	電磁波治療装置 職場での被曝 様々な放射源 携帯電話 レーダー銃 様々な放射源 携帯基地局 様々な放射源 様々な放射源 ラジオ送信機



■電磁スモッグの影響から住民を守る法制



背景の携帯電話アンテナなど固定された建造物は、ONIR（非電離放射線防護関連法）により制定された基準値を遵守しなくてはならない。ここでは放射されている電磁波が、電氣的に較正（こうせい）された手動型アンテナで測定されている。

保護の概念

非電離放射線はわれわれの周囲どこにでもある。それはすべての電気装置・機器、およびあらゆる種類の送信機によって生成される。技術の進歩が続き、職場と私的領域におけるそれらの機器の使用が広がるかぎり、非電離放射線への曝露はさらに増えると思われる。2000年2月1日に連邦議会は、既知の、または疑惑のある電磁スモッグの悪影響から住民を保護するための手段として、非電離放射線防護関連法（ONIR）を制定した。

この法律の適用範囲は、送電線・変電所・鉄道電線や、携帯電話・放送・レーダーの基地局など、固定された放射源に限られている。それに対して同法は、携帯電話・コードレス電話・モニター・スクリーン・電子レンジその他の電気機器には適用されない。このような機器からの放射を制限するためには、スイスが単独では作成できないような、国際的に承認された規制と基準が必要とされる。

非電離放射線がこの国の住民の健康と福祉を害することは許されず、同法はその目的をふたつの方法で追求する。

- －科学的に承認された健康への害悪を予防するため、短期曝露を制限する。
- －潜在的な（つまりまだ科学的に承認されていない）健康への危険から保護するため、予防的措置として、長期曝露も減少させる。

ONIR の適用範囲

ONIR の適用をうける体系

- －高圧送電線（地上および地下）
- －変電所
- －出張所と操車場
- －鉄道と路面鉄道
- －携帯電話基地局
- －マイクロ波通信網
- 時計つー無線地域通信網（WLL）
- アイー放送設備
- －職業的無線通信設備
- －アマチュア無線体系
- －レーダー設備

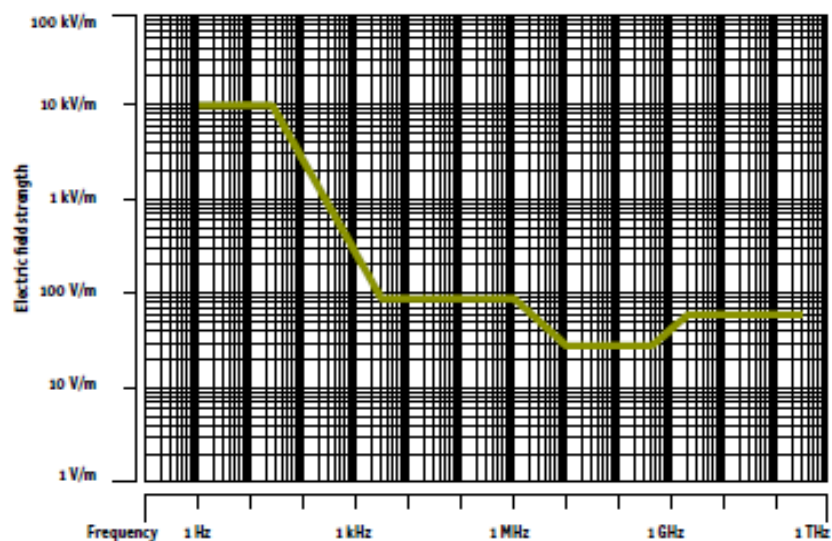
ONIR の適用をうけない体系

- －携帯電話
- －コードレス電話
- －ブルートゥース
- －電子レンジ
- －電熱器
- －電気機器（テレビ・コンピュータモニター・
きラジオ・ドライヤー・電気かみそり・
ロンなど）
- －医療機器
- －職場の機器

ONIR は、0 から 300 ギガヘルツまでの周波数領域にはいる非電離放射線を生成する、固定された設備に適用される規制を含んでいる。

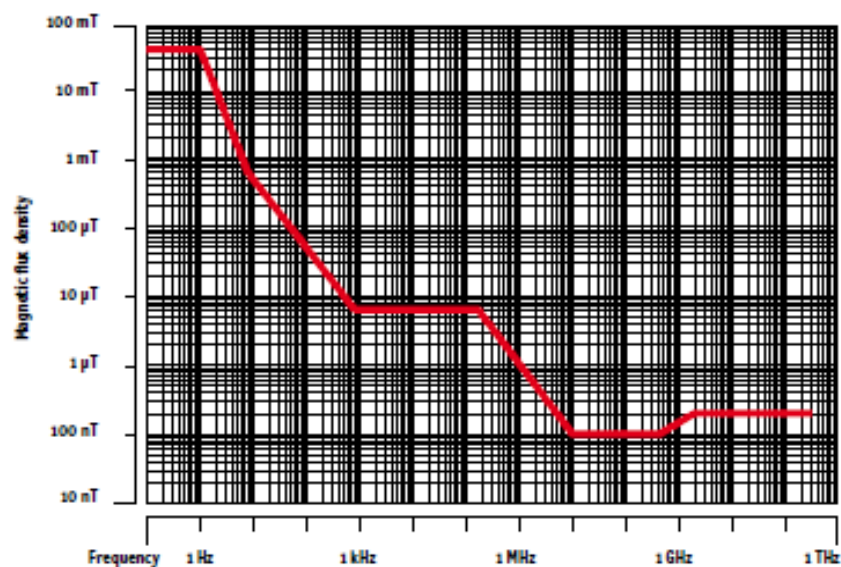
短期曝露の制限

ONIR は短期曝露を減らすことを目的とした制限を制定している。その制限は、多くの外国でも採用されている、非電離放射線保護国際委員会（ICNIRP）の勧告に基づいている。この制限が遵守されているかぎり、起こりうるものが科学的に認められている、健康への悪影響が生じることはない。その悪影響の中には、送信機からの超高強度放射による体温上昇や、強度の電場・磁場による望ましくない神経衝動や筋肉収縮の惹起が含まれる。この曝露基準は、人々が過ごすところでは、どこでも遵守されねばならない。



縦軸：電場強度／横軸：周波数

ONIR で制定された電場強度に応じた曝露基準値は、放射の周波数によって変わるが、それは人体への影響が、周波数に依存してことなる強度で生じるからである



縦軸：磁束密度／横軸：周波数

同じ理由により、磁束密度に応じた曝露基準値も、周波数に依存する

周波数に応じた曝露基準値の例

体系	周波数	曝露基準値
鉄道電線	16.7 ヘルツ	300 マイクロテスラ 10000 ボルト／メートル
高圧送電線	50 ヘルツ	100 マイクロテスラ 5000 ボルト／メートル
テレビ・ラジオ送信機	0-400 メガヘルツ	28 ボルト／メートル
携帯電話基地局	900 メガヘルツ	41 ボルト／メートル
	1800 メガヘルツ	58 ボルト／メートル
UMTS 送信機	2100 メガヘルツ	61 ボルト／メートル

長期曝露の予防的制限

曝露基準値は、確認された急性の効果からは保護するものであるが、低強度での疑惑を持たれている効果、特に長期曝露による効果からは、保護するものではない。この領域においては、まだまだ多くの研究が必要とされている。連邦議会が、ONIR を起草したとき、将来の研究結果を待つことを望まなかったため、この法律は、長期曝露を制限するための予防的手段を含んでいる。

それに関連する条項は、環境保護関連連邦法で確立された予防原則に立脚している。同法第 1 条第 2 項には、「有害ないし不快となる効果を制限するために、早期の予防措置が講じられねばならない」とある。いいかえれば、有害な効果の疑惑だけで十分であり、科学的な証拠は必要でないということである。第 11 条では、環境汚染を制限するためには、その源泉に対して対策が講じられねばならないとされている。そこでは、技術的・実践的実行可能性、および経済的許容可能性が基準とされる。

ONIR はこの原則を、各種の放射源に対する基準値を設定することによって、具体化している。いわゆる装置基準値がそれであるが、これは単一施設からの放射に適用されるものであり、また曝露基準値に比べても随分低い。携帯電話基地局ではおよそ 10 倍低く、高圧送電線にいたっては 100 倍も低い。装置基準値は、人々が長時間過ごすところ（慎重な対応を要する場所）では、どこでも遵守されねばならない。この条項は、同種のもののなかで、世界で最も厳しい規制のひとつである。

しかし、健康への危険をめぐる状況は不確実なので、その厳しい規制でさえも、完全な安全を保証するものではない。現在あるいは将来の安全を保証することは、当局にとっても医学専門家にとっても不可能である。だがこのことは放射の問題だけでなく、他の多く

の新技術にもあてはまる。生命過程は大変複雑であって、すべてのあり得る生物学的効果を事前に研究することはできないので、潜在的な健康への危険のすべてを、科学的根拠に基づいて排除することもできない。しかし装置基準値は長期曝露を減らすものなので、今日明確に認識されていない健康への影響もまた最小化される。



慎重な対応を要する場所

装置基準値による予防的措置は、人々が日常的に長時間を過ごす場所に限って講じられる。そこでは、長期曝露は可能な限り低水準に保たねばならない。慎重な対応を要する場所は、集合住宅・学校・病院・事務所・運動場を含むが、バルコニー・テラス・階段・車庫・倉庫・書庫・一時的な職場・教会・演奏会場・劇場・キャンプ場・スポーツ遊戯施設・鉄道駅・展望台は含まない。

◆装置基準値

- －ONIR で制定されている装置基準値は予防的な性質のものである。
 - －それは曝露基準値よりかなり低い。
 - －それは、環境保護関連連邦法で確立された予防原則に立脚しており、技術的・実践的・経済的基準に合致して制定されている。
 - －それは所与の設置物からの放射を制限する。
 - －それは人々が長時間を過ごす場所ではどこでも遵守されねばならない。
 - －それは、慎重な対応を要する場所での電磁スモッグへの曝露が低いことを保証して、そして疑われている健康への悪影響の危険を減らす。
- 装置基準値は、医学的・生物学的発見ではなく、技術的・実践的・経済的基準に立脚している。したがって、それは無害であることを表示するものではなく、それを遵守したからといって、すべての有害な効果が排除されるわけではない。しかしその反面、それを超過してしまうからといって、有害な効果が必ず生じるというわけでもない。

装置基準値の例

体系	周波数	装置基準値
鉄道電線	16.7 ヘルツ	1 マイクロテスラ (24 時間平均)
高圧送電線	50 ヘルツ	1 マイクロテスラ
ラジオ・テレビ送信機	10-860 メガヘルツ	3 ボルト／メートル
携帯電話基地局	900 メガヘルツ	4 ボルト／メートル
	1800 メガヘルツ	6 ボルト／メートル
UMTS 基地局	2100 メガヘルツ	6 ボルト／メートル

これらは、これらの装置の基本となる作動様式を想定したときの、遵守すべき基準である。より詳細な情報については、各種装置に関する記述を参照されたい。

あらたな建設地帯

放射源での対策に加えて、ONIR は、土地利用計画をも通じて、可能なかぎり長期曝露を低下させようとしている。同法は、現存ないし計画中の、非電離放射線を生成する装置の近傍においては、新規の土地開発を規制している。同法はそのようにして、慎重な対応を要する場所での大きな曝露が将来的にはなくなるようにしようとしている。2000 年 2 月 1 日以来、新規の建設地帯の指定は、装置基準値が遵守されるときにのみ、許可されることになっている。

しかし、上記の日付よりも以前に許可され、放射源の近くに位置している建設地帯においては、事情はことなる。そこでは、たとえ装置基準値が超過されていても、開発はなんの制限もなく許可されている。しかし当該装置は改良されねばならず、ONIR は、各種の装置ごとに、要求される改良の程度を定めている。

たとえば、携帯電話基地局は、慎重な対応を要する場所ならどこに設置されようが、装置基準値を超えないものとなるように、改良されねばならないが、電力送電線と鉄道電線については、そのような要求はなされていない。電力送信の場合には、ONIR は、位相整合の最適化を要求しているにすぎず、鉄道電線については、リターン・コンダクター（帰線）が要求されている。これらの手段は、開発された地帯の放射を装置基準値以下に減らすものではないが、同法は他の手段をまったく要求していない。連邦議会は、放射水準を装置基準値以下に減らすことは、既存の送電線や鉄道と釣り合わない、と考えていた。議会は同じ理由から、すでに区画づけされていた地域の区画づけをやり直すことにも、反対していた。

計算と測定による管理

関連する連邦・州ないし市町村当局は、ONIR で制定された基準値が遵守されているかどうか、確認することになっている。この目的のために関連当局は、計算あるいは測定を実施することがある。たとえば携帯電話基地局の事業者は、建設許可申請書に加えて地域データ表の提出を要求される。装置近傍の放射は、送信出力と方向を基礎として計算される。州ないし地方当局は、そのデータと計算の正確性を点検するのである。高圧送電線や鉄道電線など、他の装置においても、類似の計算が遂行される。

電力設備が操業してからも、放射が測定されることがある。許可措置と管理措置との区別がつけられているのである。

許可措置

許可措置は、装置基準値が特定の様式のもとで、たとえば携帯電話基地局なら、認可された最大出力で容量一杯に使用したときに、遵守されていることを確認するために講じられる。この措置は通常、放射水準が、該当する装置制限値の 80%を超えそうであることが、計算で示された場合に実施される。施設の所有者が、この措置の実行を専門企業に委託することが多いが、それはその種の企業が、必要な方法と経験を有しているためである。かかった費用は、「汚染者負担」の原則にしたがって、所有者によって負担される。

所有者は措置実施中の操業様式に関するデータの提出を要求されるので、許可措置が所有者から完全に独立して実施されることはない。携帯電話基地局の場合、ONIR は、最大出力で容量一杯に使用したときに、装置制限値が遵守されることを要求している。しかし基地局は通常より低い出力で操業するので、この様式は実際には滅多に適用されない。そのため計算結果が、現行の水準をもとにして、許可された最大出力にまで引き延ばして、推定されなければならない。当局はそのようにしてしか、装置基準値が遵守されているかどうか、判定できないのである。こういう推定は、現行の操業様式について、所有者により提供されたデータに依拠している。

管理措置

管理措置は、当該装置が実際に操業しているときに放射水準を計測するという、まったく異なる目的のために実施される。この措置は所有者からは独立して実施される。



現存ないし計画中の、非電離放射線を生成する電力供給装置の近傍では、新たな建設地帯の指定は、住民を保護するために、ONIR で規定されている装置基準値を、その装置が遵守できるときにのみ、許可されることになっている。

◆携帯電話基地局からの放射の測定

携帯電話基地局からの放射を測定する方法はいろいろある。

広範囲測定

この方法では、広範囲の周波数をもつすべての放射を記録するセンサーが用いられる。携帯電話基地局だけでなく、テレビ・ラジオ送信機など他の設備も測定にかかることになるが、個々の放射源を区別することはできない。

周波数選抜測定

この方法は、携帯電話基地局が装置制限値を遵守しているかどうか、広範囲測定では十分に判定できないときに使用される。ここで計測されるのは当該装置からの放射のみである。周波数選抜測定は、広範囲測定よりも困難で時間がかかり、より複雑な測定機器を必要とする。

コード選抜測定

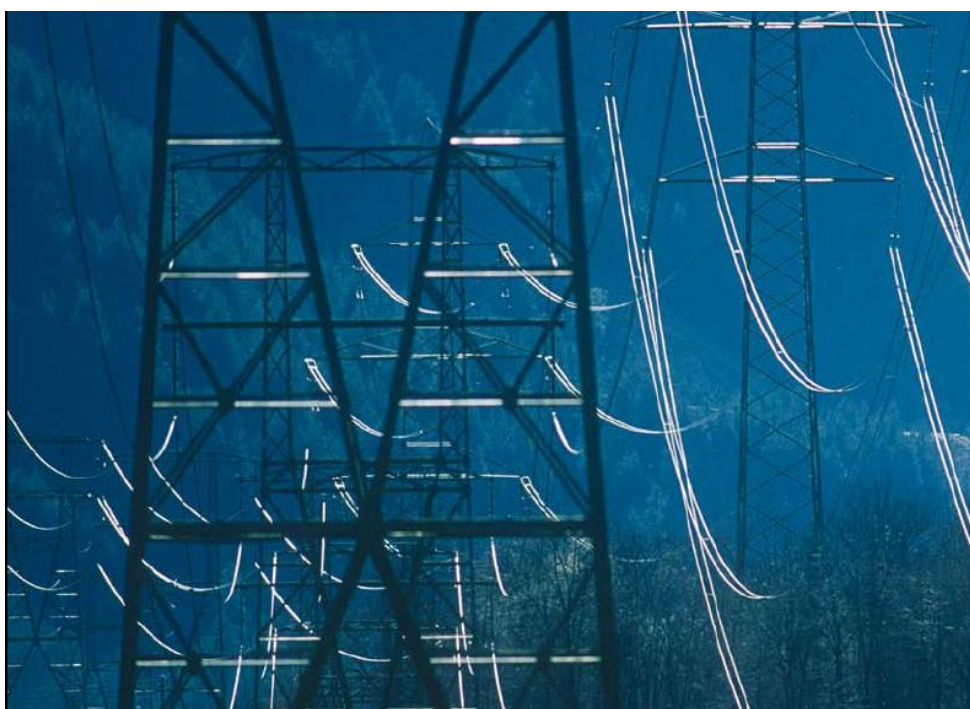
この方法は、UTMS 放射について、他のふたつの方法では結論がえられなかったときに採用される。ここでは、UTMS 信号の時間的に一定な部分のみが記録され、ひきつづき送信される。そうすれば、記録された信号を、特定の送信機と明確にむすびつけることが可能である。



この手持ちアンテナは、室内の最大放射源を検知するのに使用できる。スペクトル分析機は周波数選抜測定の結果を表示する。各周波数は別々に記録されるので、単一の携帯電話基地局からの放射を選択的に測定することも可能である



■電流のあるところには低周波電磁場がある



電気が生成され、輸送され、消費されるところではどこでも、電場と磁場が副産物として発生する。電流と電圧が大きく、電流生成装置からの距離が短いほど、それらの場の強度は大きくなる。電力供給地域では、最も高い水準の曝露は、変電所および高圧送電線のごく近くでおこる。

発電所から本線ソケットまで

スイスでは電力の相当部分は、それが消費される地域からは遠く離れている、水力発電所で生産されている。つまりわれわれは消費するエネルギーの大部分は、すでに相当の距離を移動している。各種の発電機は、周波数は 50 ヘルツ、電圧は 6 キロボルトから 27 キロボルトの電力を生成する。

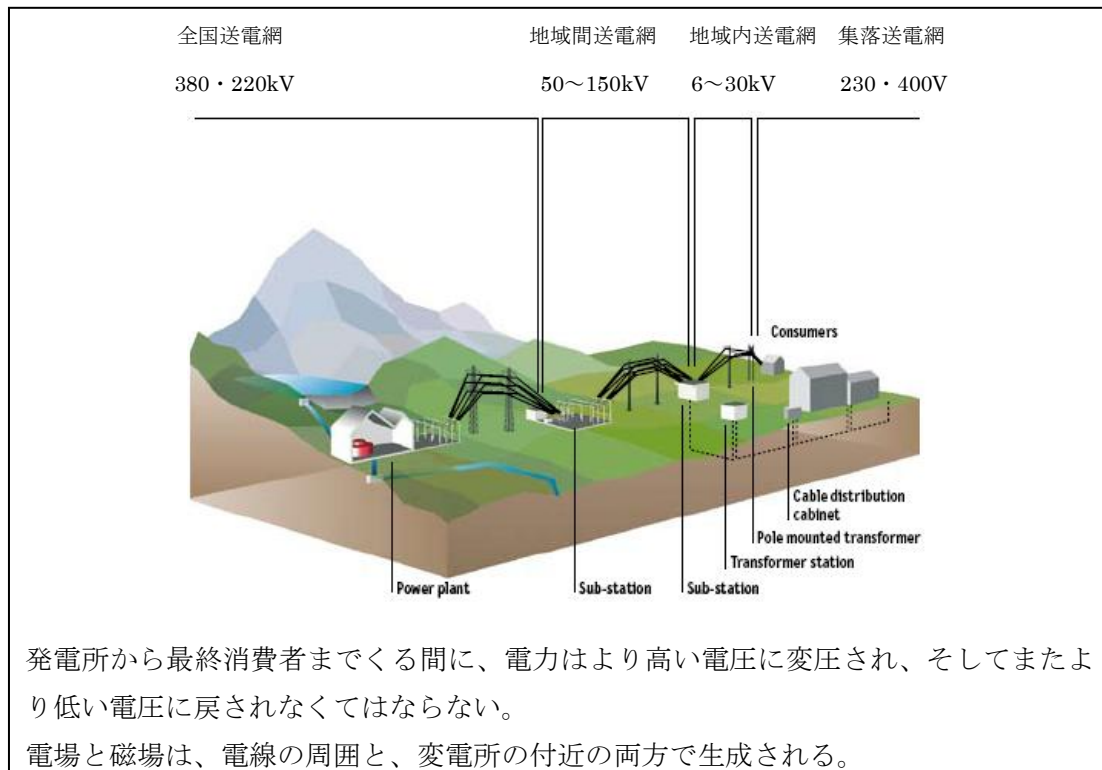
高電圧なら送電損失が少ないので、各発電所では、電気が送電網に入る前に変圧器を用いて電圧をあげる。原則として長距離送電には、220 キロボルトか 380 キロボルトがもちいられる。この長距離送電網は、主として鉄塔に支持された高架線により構成されている。

たとえば市長村間のような、より短い距離においては、電圧は 50 キロボルトから 150 キロボルトに下げられ、電力は通常、コンクリート電柱に支持された高架線を通じて輸送される。

地域内においては、電圧は 6 キロボルトから 30 キロボルトに下げられ、電力は地下線か、

木製電柱に支持された高架線で輸送される。

住宅地や集落などでは、変電所が最終的に、230 ボルトや 400 ボルトなど、家庭で使用する水準にまで電圧を下げる。



◆電気の3変数

電気を特徴づける物理変数は3個ある。

電流

これは単位アンペアで計測され、導体中を通過する電気の量を表示する。水流の類推を用いるならば、電流は単位時間内の流量に相当する。流量が大きいことが、電流が大きいことにあたる。家庭では配電盤のヒューズが、電流を10 か 16 アンペアに制限している。最大の高压電線は2500 アンペアまで流すよう設計されている。

電圧

これは単位ボルトで計測される。水道の類推に戻ると、これは、蛇口が閉められて水が流れていないときにも依然として存在している、水压に相当する。それと同様に、たとえば卓上電灯のそばの、通電された導線は、電灯が消灯されて電気が流れていなくても「いき

て」いる。一般用電池の電圧は 1.5 から 12 ボルトである。家庭の本線供給は 230 ボルトであり、高圧送電線には 42000 ボルトまで流せる。

周波数

これは 1 秒あたりの振動回数を示しており、単位ヘルツ（／秒）で計測される。周波数は交流電流でのみ意味をもつ。たとえば電池では、正極と負極が決まっている。そういうものは、いつも同じ方向に流れる直流電流を供給する。それに対して、交流電流では流の方向が変わる。家庭の電気では周波数は 50 ヘルツである。そして電流と電圧が送電網の各段階で変化するのに対して、発電所から本線ソケットにいたるまで、周波数はいつも一定である。

場はいかにして生成されるか

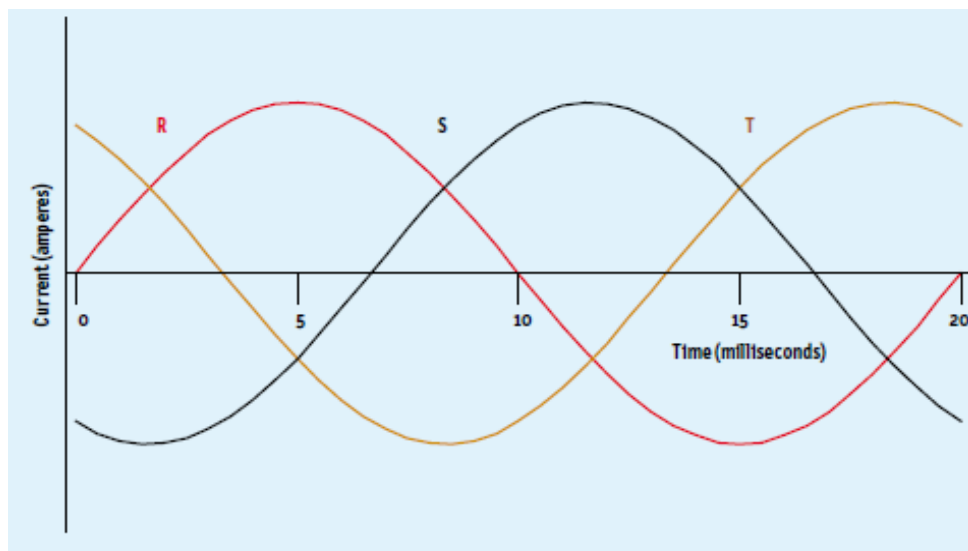
われわれは毎日、家庭や職場で、あるいは余暇の際にも、電気装置・機器を使用している。そして電気が使用されるときにはいつも、たとえば高圧送電線、発電所支所および変電所のすぐ近くで、電場と磁場が生成される。しかしそれらの場は、家庭・事務所・工場などの電気機器によっても生成される。

装置が導線とプラグを通じて電力供給につながると、すぐに電場が発生する。スイッチが入るとすぐに電流がながれ、そのことにより、すでに存在している磁場に加えて、新たな磁場が発生する。電力供給が 50 ヘルツの交流でなされていれば、電場と磁場も 50 ヘルツの周波数を持つことになる。

電場と磁場の性質はある点では同様であり、たとえばこのふたつはいずれも、放射源からの距離が増えれば急激に弱まる。しかし遮蔽に関しては両者の性質は非常に異なる。電場がかなり容易に遮蔽されるのに対して、磁場は事実上すべての物質を通過するので、その遮蔽は、特殊合金のよろいや厚いアルミニウム板を持ってしても、かぎられた程度までなされるにすぎない。

三相交流電流

50 ヘルツ送電網は三相交流によって運転されている。ここでは 3 相の導線が 1 本の回路を構成する。各導線からの交流電流は、振動周期の 3 分の 1 ずつ位相がずれている。つまり、それらは異なる位相角を持っている。3 相（R、S、T）の導線を 1 本の回路に繋ぐとすれば、6 通りの異なる組み合わせがありうる。付近に第 2 の回路がないかぎり、6 通りの組み合わせは同程度の強さの磁場を生成する。しかし 2 本の回路が近づくにつれて、各回路の磁場は、互いに強め合ったり、弱め合ったりする。その程度は、第 2 の回路の位相が、第 1 の回路のそれに対して、どのように調整されているかに依存する。



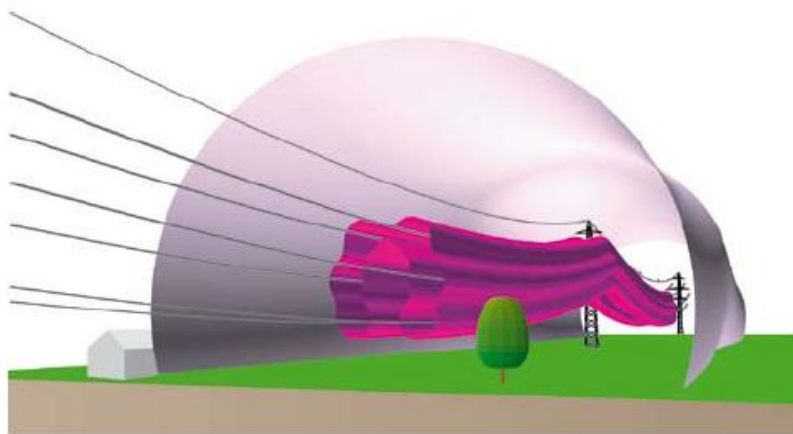
▶ 縦軸：電流（アンペア）／横軸：時間（ミリ秒）

三相交流電流体系では、3 相の導線の電流は、振動周期の 3 分の 1 ずつその位相がずれている。その 3 相は R、S、T とよばれている。

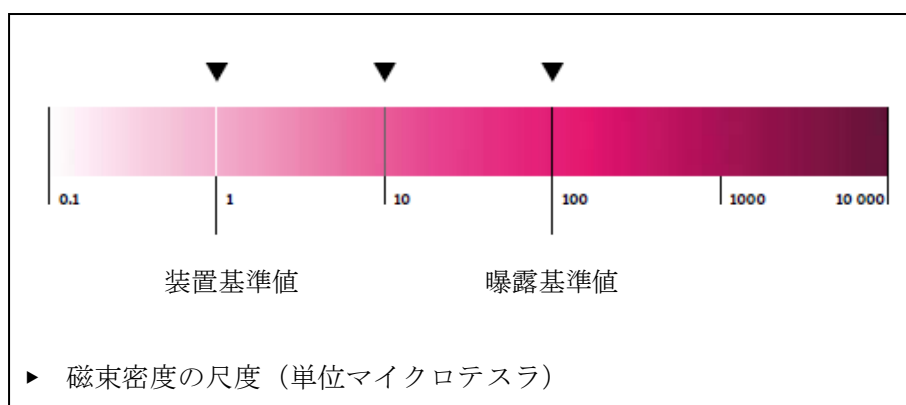
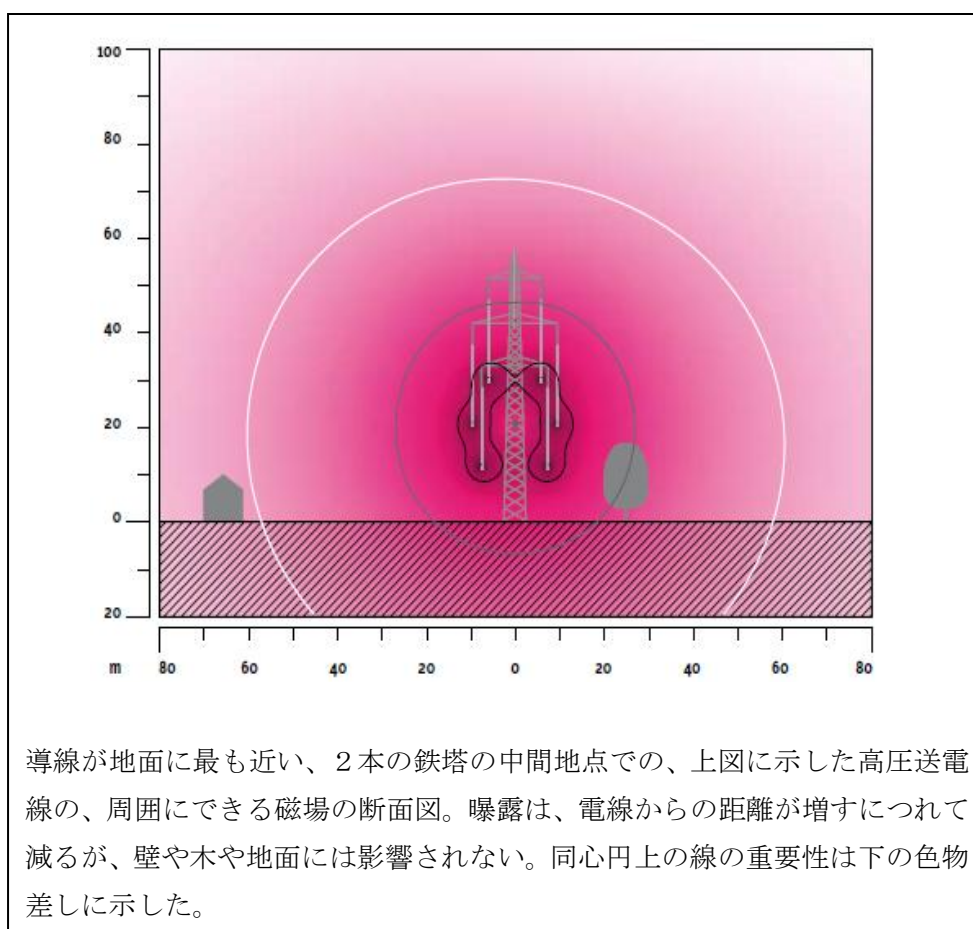
高架線からの磁場

磁場の強度はマイクロテスラで表示される。高圧送電線においては、電流が大きくなり、電流を運ぶ導線からの距離が増すにつれて、その場所で生成される磁場は大きくなる。最も強烈な曝露は、導線が地面に最も近いところである、2本の鉄塔の間で起こる。しかしその水準は、送電線と電流の設計によって変化する。磁場は送電線からの距離が増すと弱まる。つまり導線が地面から高いところにあるほど、磁場は弱くなる。複数の回路からなる送電網、または互いに平行に走行する電力線の場合には、各回路の磁場が、互いに弱め合ったり、強め合ったりする。したがって、位相を最適に調整することにより、磁場強度を下げる事が可能である。

建造物の壁は、磁場を効果的に遮蔽することはできない。380 キロボルトの高架電線は、150 メートルから 200 メートル離れたところまでの、近隣の家屋内での磁場曝露を増加させる。それより遠くなると、曝露水準は通常的背景値である 0.02 から 0.04 マイクロテスラに近づくが、電力主線に接続している住居で普通検知できる磁場はその程度である。だが電気機器の付近では、強度はずっと大きくなる。



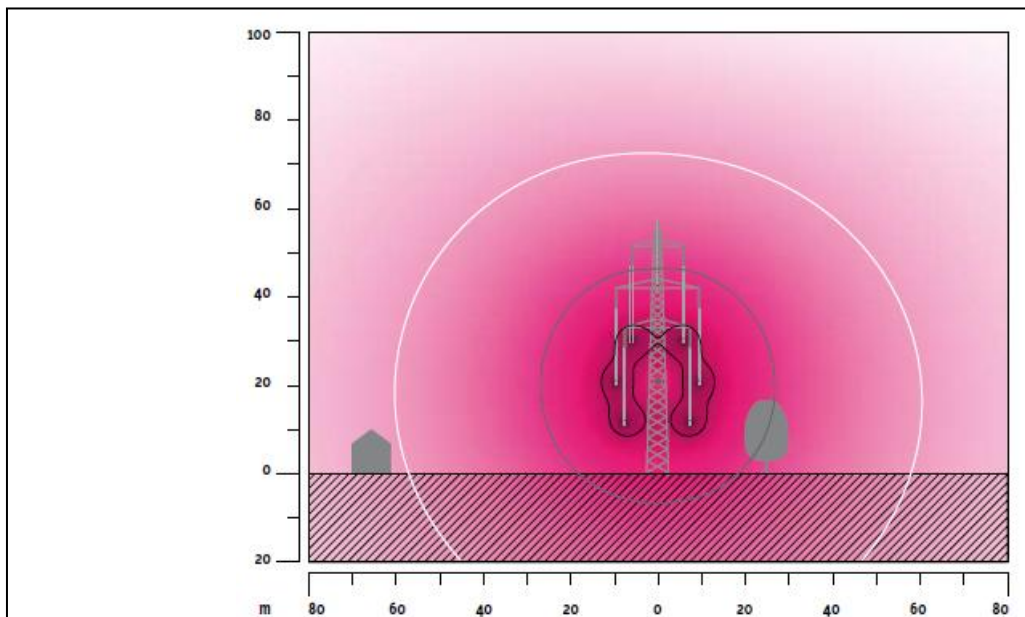
2本の回路に限度一杯（1920 アンペア）の電流を流した、典型的な 380 キロボルト高圧送電線の、周囲にできる磁場。最大の曝露は、電流を運搬する 6 本の導線の周辺で起こる。赤いチューブの内部では磁場は 100 マイクロテスラを超えるが、大きなトンネルの周辺では 1 マイクロテスラに落ちる。



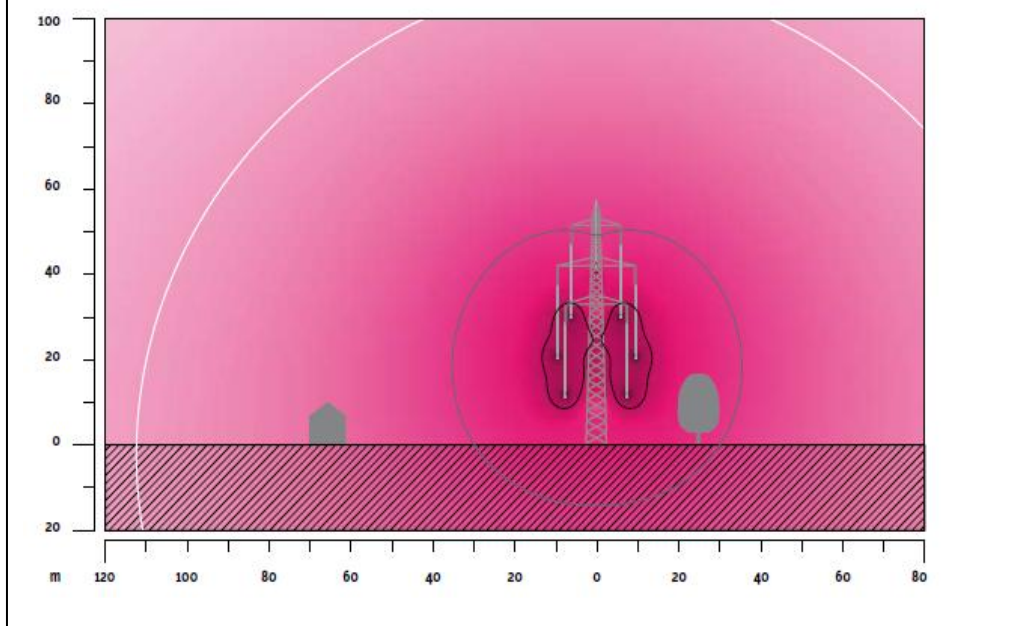
位相最適化による磁場低減

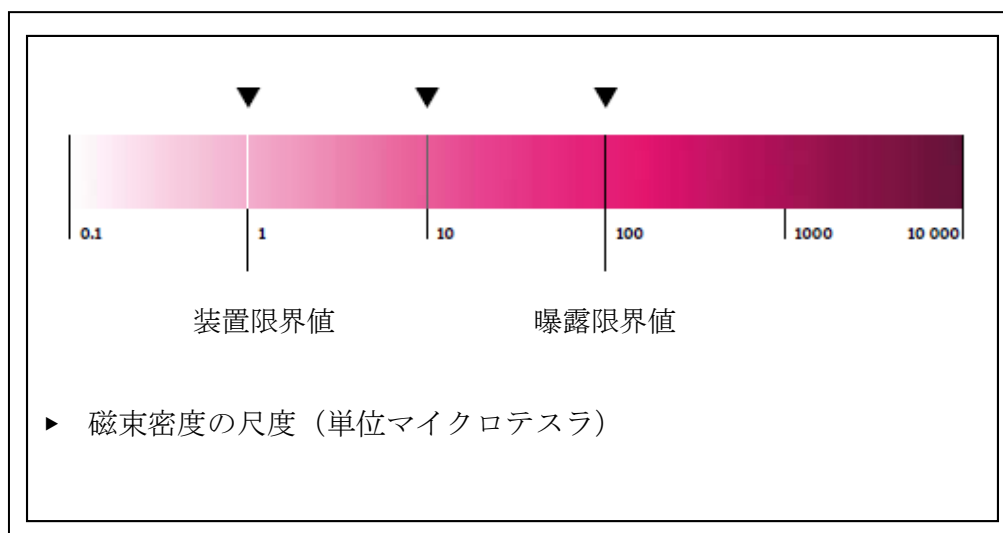
電場とは対照的に、磁場を遮蔽するのは非常に困難である。導線の慎重な配置と、位相配置の最適化が、磁場の到達を制限する最適の手段である。各導線の交流電流は、互いに時間的に交代している。つまりそれらは、異なる位相角を持っている。送電線の両端で、3相が導線と結びつけられる方法に応じて、磁場の空間的な広がり、大きくも小さくもなる。相配置の最適化は、磁場の空間的広がりを最小化するような仕方で、導線を接続す

ることを意味する。この目的のために、導線の配置と電流の支配的な方向に応じて、最適な相配置を計算する模擬実験プログラムが使用されている。



導線を有利に配置し、各相の配置を最適化することにより、磁場の空間的領域を相当に制限することが可能である。上図は、最適な相配置をした、2回路・380キロボルト高圧送電線の、磁場を示している。下図は不利な相配置をした同一の体系を示す。同心円上の線がどれくらいの値かは次の色物差しに示した。

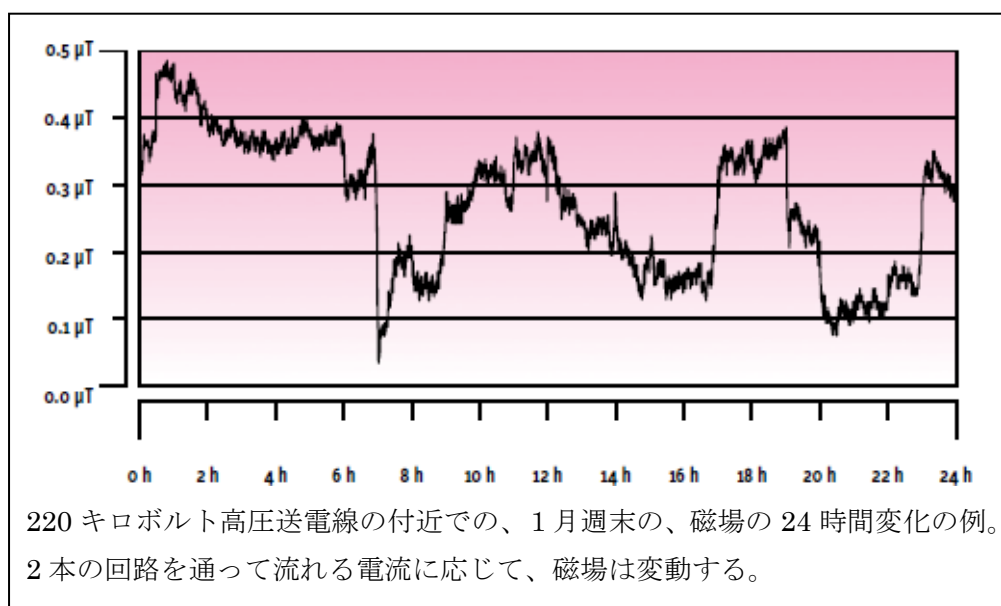




高圧送電線付近の磁場の時間的变化

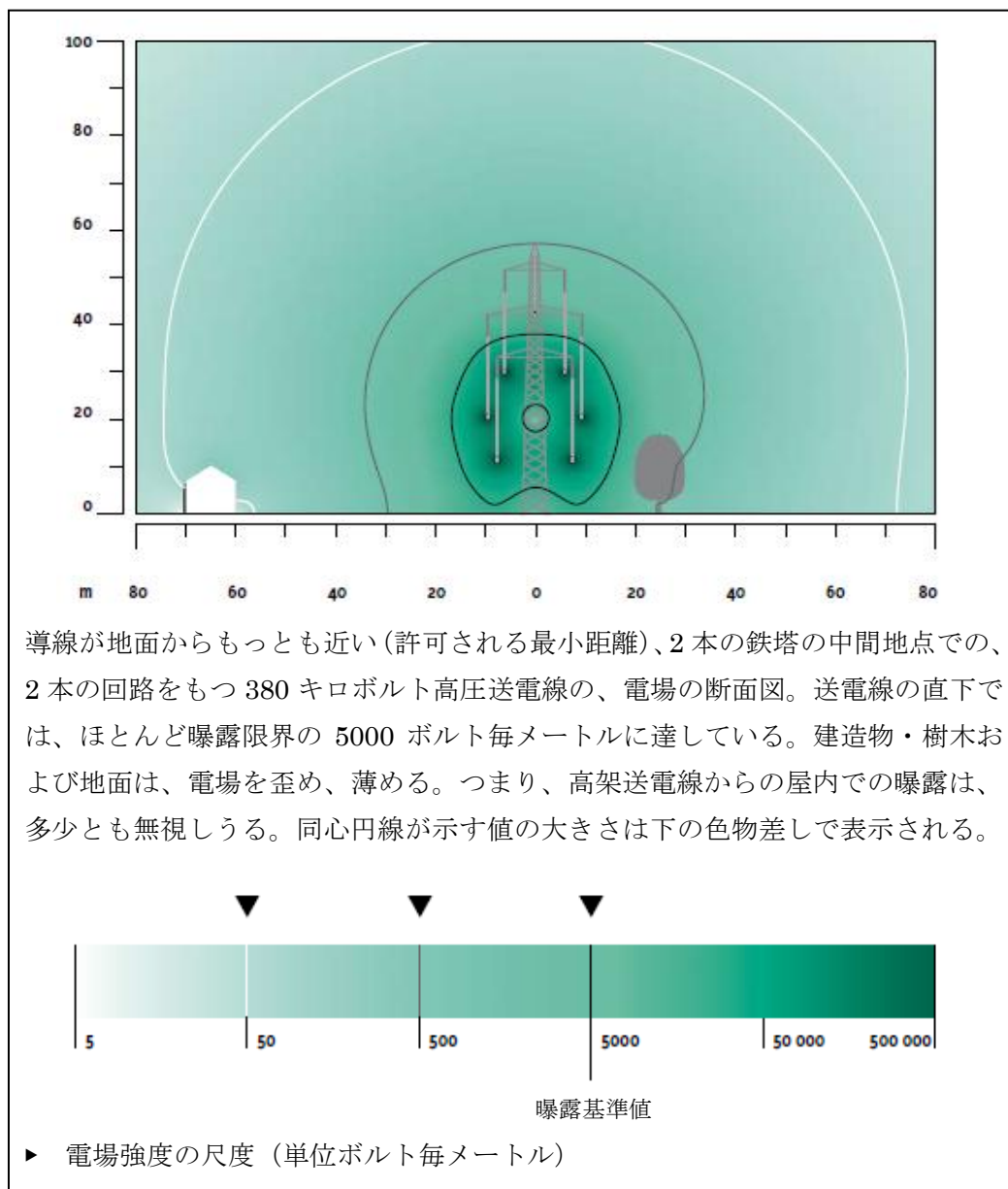
磁場は電流に、したがって、該当する家庭や職場での、電力消費に依存している。そのため、高圧電線付近での磁場の变化は、時間あるいは季節によって変動する、電力消費を反映している。

電流とことなり電圧は事実上一定であるが、そのことはまた、電圧に比例する高圧送電線の電場にもあてはまる。



高架送電線からの電場

電場の強度はボルト毎メートルで計測される。電場は電圧と、導線からの距離に大いに依存する。380 キロボルト高压送電線の直下では、電場強度は 5000 ボルト毎メートルに達しうる。電圧が低いほど電場は弱くなる。たとえば、220 キロボルト線の下では電場は最高で 3000 ボルト毎メートルになるが、110 キロボルト線下では最高 700 ボルト毎メートル、50 キロボルト以下の電線下では最高 400 ボルト毎メートルである。図が示すように、導線からの距離が増すにつれて、場の強度は弱くなる。樹木・森林・建造物などの不導体によって、電場は歪められ、弱められうる。建築素材は、外部からの電場を建造物内で 90%以上も減らすのに十分なほどに、非伝導的である。



地下電線からのより局地的な磁場

長距離電力輸送が主として高架電線により行われているのに対して、局地的な送電のほとんどが今では、地下電線を用いてなされている。

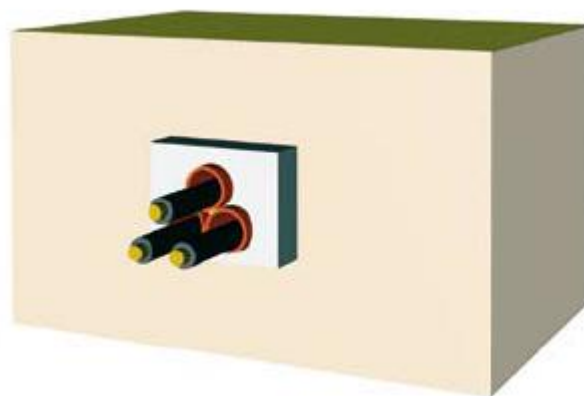
高架線においては、電線のあいだに空気が絶縁体として働く。ショートを防ぐためには、導線は互いにある程度以上は慣れていなくてはならない。しかし地下電線においては、導線はよく絶縁されていて、互いに近くに置かれているので、その結果として、磁場の到達範囲は減少する。

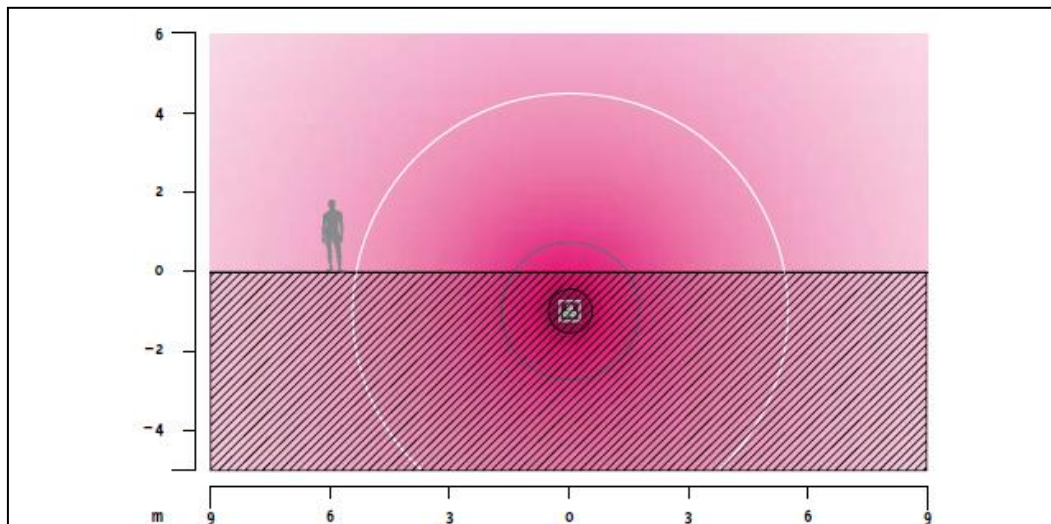
つまり同量の電流を輸送する高架送電線に比べると、地下電線の磁場の空間的な広がりはずっと小さい。地下送電網直上での曝露は、高架送電線直下のそれと同程度かもしれないが、線から側面に離れている磁場は、地下電線においては、高架電線の場合よりもより急速に弱まっていく。

磁場とは違って、電場は電線外装や土壌によって完全に遮蔽される。すなわち、地下電線の真上でさえ電場は検出されない。

今日では50キロボルトをこえる高圧送電線を地下に敷設することも技術的に可能であるが、そうすれば関連する費用はより高くなり、また修理工事もより高価で時間を取るものになる。そのため電力会社は高架送電網を使用することを好む。

プラスチックチューブに隔てられ、コンクリートに埋め込まれた、3本の導線からなる地下送電線の透視図





地下送電線による磁場の断面図

ここでは線渠は地下 0.8 メートルのところにある。それぞれ 745 アンペアを通電する送電線は互いに近接しているため、高架送電線の場合に比べて、磁場の空間的な広がりはずっと小さく、また距離が増せば、曝露はより急速に減少する。



グリソンス州ラークス付近の 220 キロボルト高架送電線

ONIR の予防的規制

ONIR に規定されている、高圧送電線からの放射の予防的規制は、装置が新しいか、改良されるか、あるいは古いかによって異なる。

新しい装置

住宅地など高感度使用の場所においては、新しい、あるいは修理中の高圧送電線の装置基準値は、1 マイクロテスラである。この基準値は、電線が容量一杯に使用されたときに適用される。電流は季節と時間帯によって変わり、容量一杯に送電されることは稀であるので、装置基準値が遵守されているときの平均電場曝露は、1 マイクロテスラを下回っている。ある種の例外的な状況にあつては、この基準値が超過されることを、関係当局が許容することがある。

改良された装置

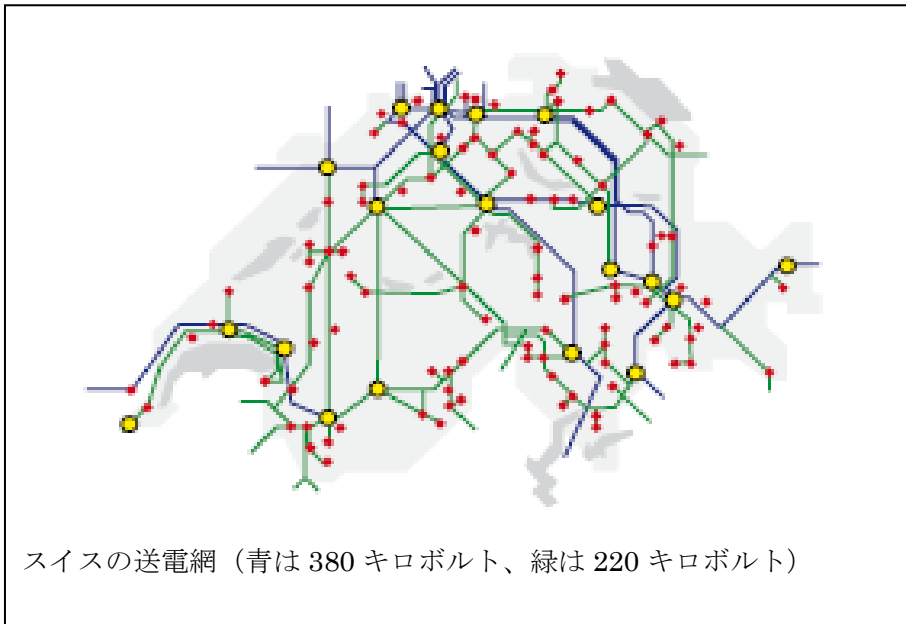
「改良された」という用語は、導線の配列、位相の配置、あるいは既存高圧送電線の運用状況などに関する、あらゆる変更を意味する。改良以前に 1 マイクロテスラの装置基準値がすでに超過されていた慎重な対応を要する場所においては、磁場強度が増加されてはならない。それ以外のすべての慎重な対応を要する場所においては、装置基準値が遵守されなければならない。新しい装置においては、ある種の限界的な状況下で、例外が認められることがある。

古い装置

古い電線が、高感度使用の場所において装置基準値を超過しているばあいには、位相が最適化されなければならない。ONIR はこれ以外の、追加的な要求をなんら指定していない。位相が最適化されたのちにも装置基準値が超過されているとしても、それは許容される。

送電線の型	1 マイクロテラの装置基準値が遵守されるべき距離
380 キロボルト高架線	60－80 メートル
220 キロボルト高架線	40－55 メートル
110 キロボルト高架線	20－30 メートル
50 キロボルト高架線	15－20 メートル
110 キロボルト地下線	3－6 メートル

上表の導線からの直接距離は、位相が最適化されたときに適用される。導線が高く高架されるほど、装置基準値が遵守されるべき、横方向の最小距離は小さくなる。



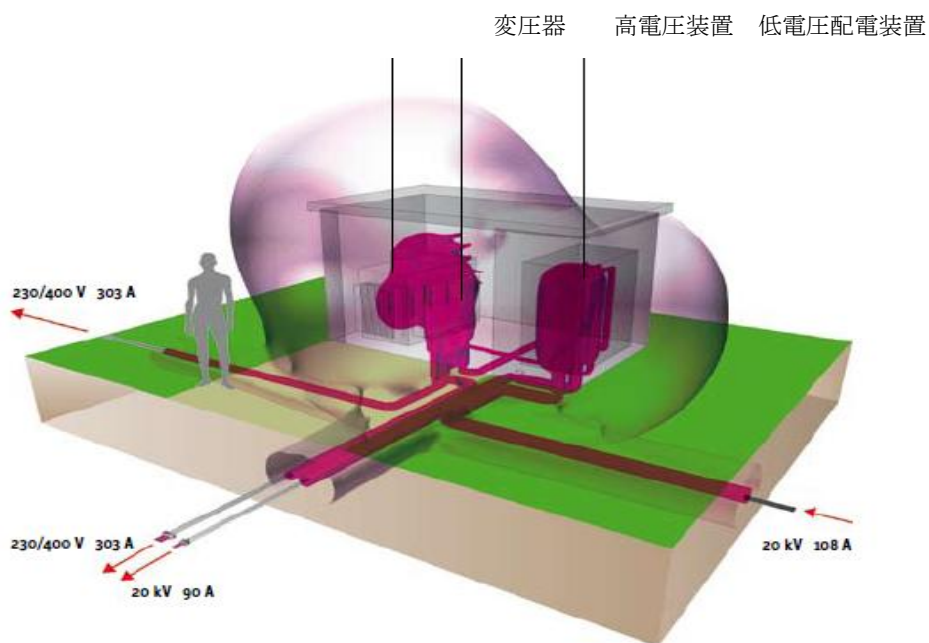
変電施設からの磁場

変圧器は電圧を増加ないし減少させる。それは発電所やその支所、住宅地や工業地帯で使用される。住宅地の変電所には、地域的送電網から通電している。そこでは、6000 ボルトから 30000 ボルトの供給電圧が、家庭での使用に要求される 230 ボルトないし 400 ボルトの電圧に変換される。基礎変電施設は、高電圧装置、変圧器および低電圧配電装置により構成されている。低電圧配電装置そのものと、それと変圧器との接触部分とは、いずれももともと強力な磁場を生成する。これは部分的には、そこでは高電圧部分よりも電流が大きくなるためであるが、それだけではなく、低電圧配電装置では個々の導線が空間的に分離されていて、磁場がさらに強化されるためでもある。

変電施設にはさまざまな型のものがあるので、それが生成する磁場に対して、一般的に適用できる指針を作成するのは非常に困難である。



高圧送電線に加えて、変電施設もまた、その隔離された内部で、比較的に強力な磁場を生成する



ひとり部屋程度の大きさの変電施設が容量一杯に（630 キロボルトアンペア）稼働したときに、生成される磁場の断面図。暗赤部では磁場は 100 マイクロテスラを超えているが、その周辺の明赤部では磁場は 1 マイクロテスラである。これは最適の装置を使用して、適切に設計された変電施設である。適切に設計されていない変電施設においては、磁場はさらに大きくなることもある。

■家庭用電気機器は常に主要な放射源である



ほとんどの家庭では、空間的な曝露が外部の放射源に支配されるということではなく、その大部分はむしろ、屋内で使用される電気機器によって引き起こされる。したがって基礎的な対策を講じることによって、予防をして曝露の水準を低下させることが可能である。たとえば、人々が長時間を過ごす場所で、恒常的に稼働する機器を使用することは避けるべきである。

家庭内の電磁スモッグの発生源

自宅においては、近隣の高圧送電線・鉄道送電線・携帯電話基地局など、外部の放射源からの電磁スモッグに曝露することもあるが、ほとんどの場合曝露は自家製である。家庭内の電磁スモッグには、以下の放射が含まれる。

- ー固定配電盤・電気コード・電源ソケット・延長コードなど、
家庭用装置からの低周波電磁場
- ー照明その他電気機器からの低周波電磁場
- ーコードレス電話ないしコンピュータネットワークによる高周波電磁場

電気機器付近で増加する曝露

電源に接続している家庭における、典型的なバックグラウンドの水準は、0.02 から 0.04 マイクロテスラである。これは、高圧送電線・鉄道電線・変電施設など源泉からの直接の曝露の範囲外にある、大部分の建造物にあてはまる。

そのような曝露は通常、建造物内の電気機器が生成する磁場とかさなっている。以下のような強力な磁場を生成する機器の付近では、曝露は相当に大きくなる。

- ーレンジ・ボイラー・ドライヤー・アイロンなど、
電力を大量に消費して、熱を生成する機器
- ーテレビ・ハロゲンランプ・時計つきラジオなど、磁気コイルや変圧器を内蔵した機器
- ードリル・ミキサー・掃除機など、電気モーターを内蔵した機器

たとえばドライヤーの場合、機器表面では 100 マイクロテスラを超える磁場が発生するが、距離が増すにつれてその水準は急速に低下する。機種によって、30 センチメートル離れたところでは、磁場は 0.01 から 7 マイクロテスラ、1 メートル離れれば、0.1 から 0.3 マイクロテスラまで下がる。電気焔炉でも状況は似ている。ごく近傍では磁場は 1 から 50 マイクロテスラになるが、30 センチメートル離れると 0.15 から 8 マイクロテスラに弱まり、1 メートルも離れれば、0.01 から 0.04 マイクロテスラにまで低下する。

恒常的に使用される機器

これまでに触れたような機器は恒常的に使用されるものではないので、それらから放射される磁場への曝露は、一般に短期的なものである。しかし、たとえば時計つきラジオのような、絶えず使用されている機器については状況が違ってくる。たとえば寝室や居間のような、人々が 1 日に数時間を過ごす場所にそういう機器があれば、長期的な曝露もおこりうる。恒常的に使用される機器から適切な距離を保つことによって、曝露水準を相当に減らすことは可能である。時計つきラジオの場合、距離が 1 メートルにもなれば、磁場は

建造物内の背景水準とさして変わらなくなる。磁場は堅固な壁でさえもほぼ完全に通過するので、恒常的に作動する機器のおき場所をきめる際には、隣接する部屋の状況にも注意することが重要である。

電磁スモッグの予防的低減

家庭での非電離放射線への曝露を減少させるために講じられる、簡単な予防的措置はいくつかある。

－スイッチを切り、コードを抜くこと。機器は待機中にも電気を消費し、そして磁場を生成している。必要でないときにスイッチを切れば、磁場もまた消失する。長期間使用しないときにコードを抜くようにすれば、電場も消失させられる。

－電気機器から適当な距離を保つこと。場の強度は源泉からの距離が増すにつれて弱くなるので、電気機器とお気に入りの場所との間には、適当な距離を保つべきである。時計付きラジオからの勧告される最小距離は1メートル、テレビからのそれは2メートルである。そして磁場は障害なしに壁を通り抜けるので、これらの距離は隣室にある機器にも適用される。

－電気機器を、身体の近くで長時間使用するのを避けること。たとえば電熱床暖房のような、長期間使用される電気機器・装置は、高水準の曝露を起こしうる。電気毛布や電気式ウォーターベッドのように、身体の近くで機器が使用される場合には、このことは特によくあてはまる。ここでもまた、夜間にスイッチを切りコードを抜くようにすれば、曝露水準をさげることができる。

新種の家電製品に対する規制

ONIR は、家庭用電気機器については、予防的な放射制限としての装置基準値をなんら設定していないが、場の強度を減少させるために、地下線や送電線網の配置に関しては技術的要求を規定している。新たな装置はすべて、認可された技術仕様に合致していなくてはならない。それには、電力供給装置を（可能な場合）星型に配置すること、円環状の電力供給装置を避けること、および、主要配電体系と寝室との間に十分な距離をとることが含まれる。

電気機器に基準値なし

スイスでは、電気機器からの非電離放射線については、法的拘束力のある基準値はない。電磁場をへらすための技術的対策は確かに望まれているが、通商障壁を避けるためには、それは国際的に定義されなければならない。コンピュータモニターについては、たとえばTCO ラベルのような、当該する基準が現存している。

電気機器により生成される場の強度は、高圧送電線や変電施設のような施設に対して ONIR に規定されている基準値と、比較されるべきではない。電気機器が局地的な、同質でない場を生成するのに対して、同法で規定されている基準値は、より強力な場に適用される。

電子レンジ

電子レンジでは食品を調理するために、2.45 ギガヘルツの高周波の放射により生成される熱を使用している。遮蔽その他防護手段のおかげで、電子レンジから放射が漏れることはほとんどない。

すべての放射を遮蔽することはできないが、電子レンジが損傷していないかぎり、外装や扉から漏れる放射はごく少なく、健康に悪影響を及ぼすことはない。しかし、扉の継ぎ目がひどく汚れたり損傷していたりしていれば、状況によっては、より高水準の放射がもれることもある。電子レンジからの放射を減らすためには、以下の手段が有効である。

一扉の継ぎ目と外装を定期的に点検して、損傷していないことを確認すべきである。損傷した、あるいは数年間使用された電子レンジは、専門家に点検してもらって、必要なら交換すべきである。

一電子レンジを使用中には、目を扉から十分にはなすべきである。

一長時間使用の際には電子レンジから少なくとも 1 メートル離れるべきである。



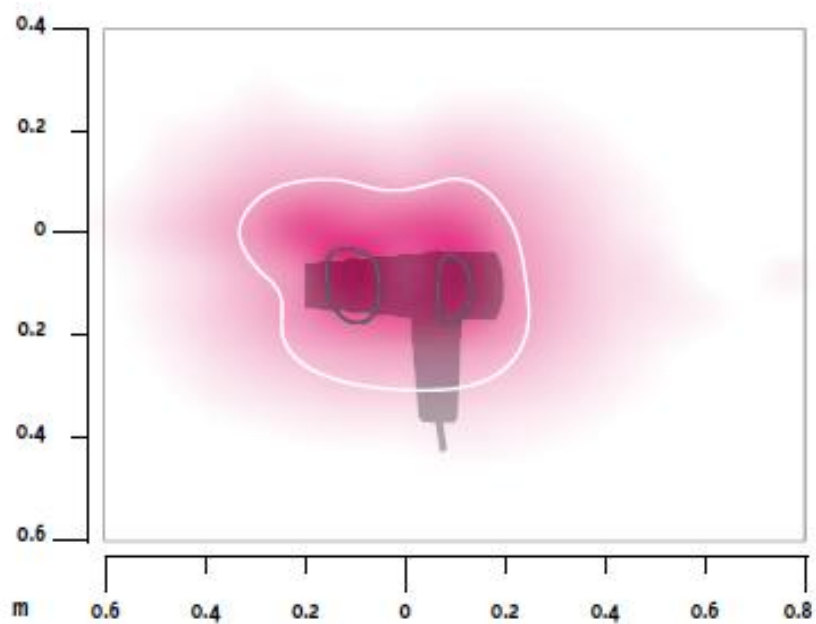
ONIR は固定装置に適用され、電気機器については基準値を設定していない。しかし強力な磁場は、家庭用電気機の近傍でも発生する。

家庭用電気機器

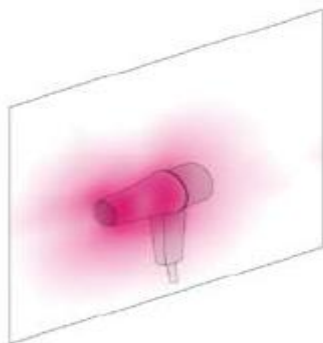
機器	磁場（単位マイクロテスラ）		
	距離 3 センチ	距離 30 センチ	距離 1 メートル
ドライヤー	6-2000	0.01-7	0.01-0.3
電気かみそり	15-1500	0.08-9	0.01-0.3
ドリル	400-800	2-3.5	0.08-0.2
電気のこぎり	250-1000	1-25	0.01-1
掃除機	200-800	2-20	0.1-2
洗濯機	0.08-50	0.15-3	0.01-0.15
衣服乾燥機	0.3-8	0.1-2	0.02-0.1
アイロン	8-30	0.1-0.3	0.01-0.03

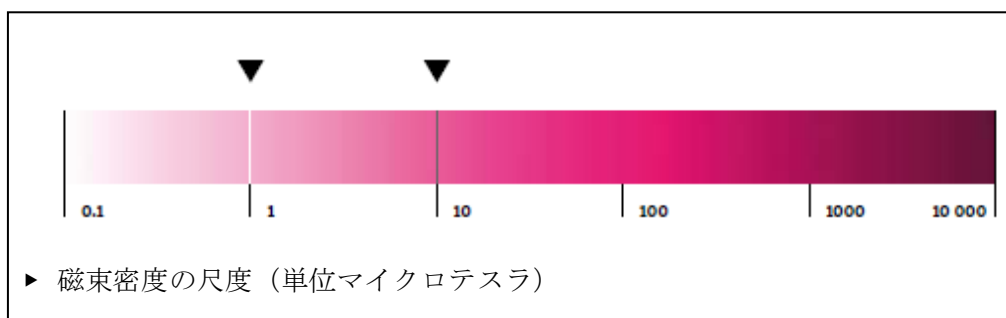
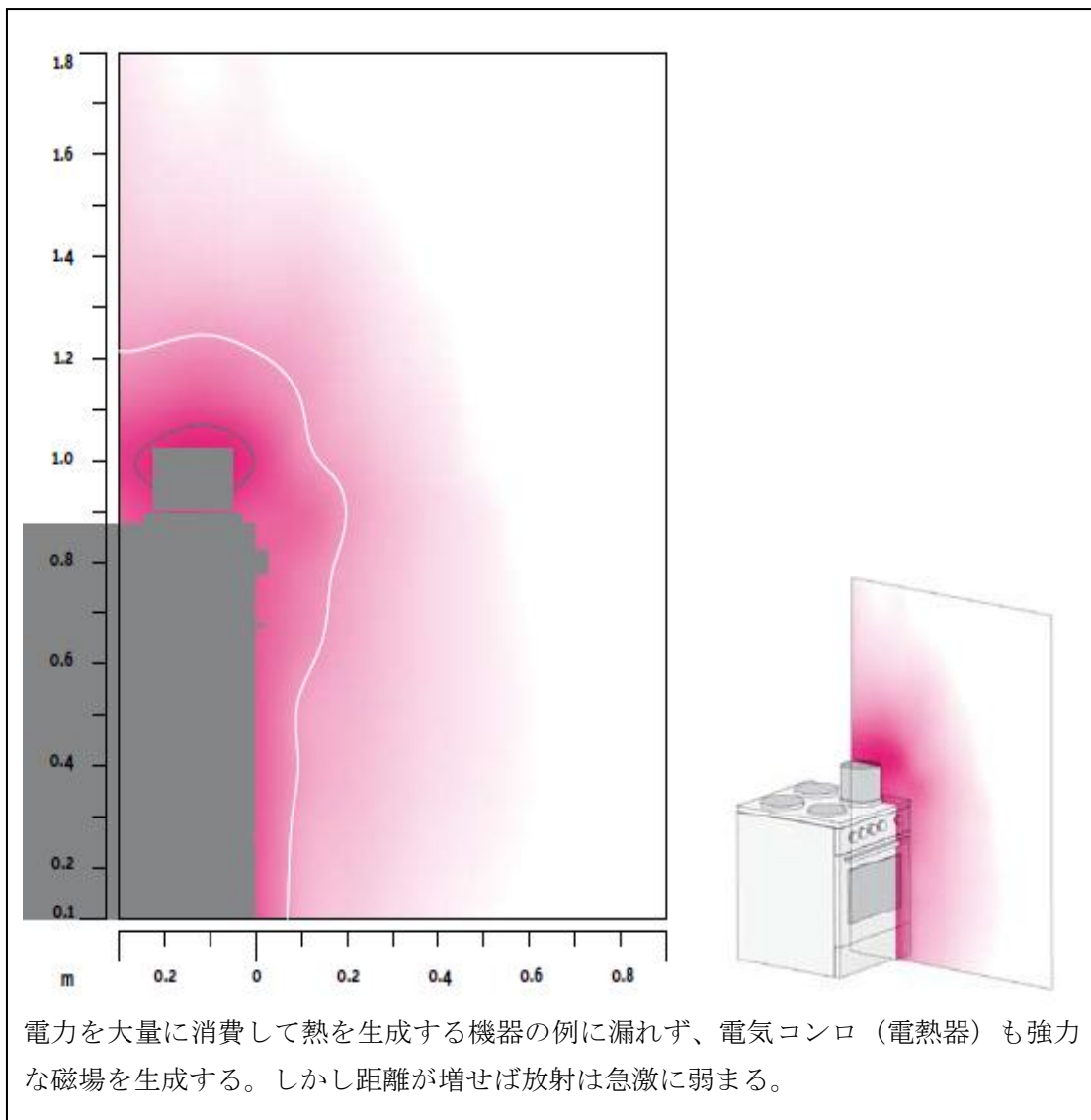
台所用電気機器

機器	磁場（単位マイクロテスラ）		
	距離 3 センチ	距離 30 センチ	距離 1 メートル
電気焔炉	1-50	0.15-8	0.01-0.04
電子レンジ	40-200	4-8	0.25-0.6
冷蔵庫	0.5-2	0.01-0.3	0.01-0.04
コーヒーわかし機	1-10	0.1-0.2	0.01-0.02
ハンドミキサー	60-700	0.6-10	0.02-0.25
トースター	7-20	0.06-1	0.01-0.02



ドライヤーの磁場。磁場は表面近くで最も強い。実線の強さは下の色物差しで示される。





寝室の電磁スモッグを減らす

人生の 3 分の 1 は睡眠なので、寝室の状況は特に重要である。電気機器を不適切な場所におけば電磁場への長期曝露の危険を冒すことになる。たとえば時計付きラジオをベッドの磁場近くに置くと、その磁場はベッドに十分に進入しうるが、距離が 1 メートルにもなれば磁場はもはや検知されない。

睡眠中の非電離放射線への曝露を減らすには以下の勧告に従うべきである。

ー寝室ないしその隣室にある、コンピュータやテレビなどの機器は、ベッドから少なくとも 2 メートル離すべきである。それらの機器は夜間には、待機状態にするのではなく、完全にスイッチを切った状態にしなくてはならない。

ー乳幼児を監視するための機器もまた、そのベッドから、少なくとも 2 メートル離すべきである。

ー外部から電源を得ている時計付きラジオは、頭部の近くに置いてはならない。（最低 1 メートルは離すこと。）

ースイッチを入れたままで、電気クッションや電気毛布の上に、長時間寝ていてはならない。

ーベッドの下に延長コードを置いてはならない。

ーベッドは電動目覚まし時計や配電盤の近くに置いてはならない。

モニター

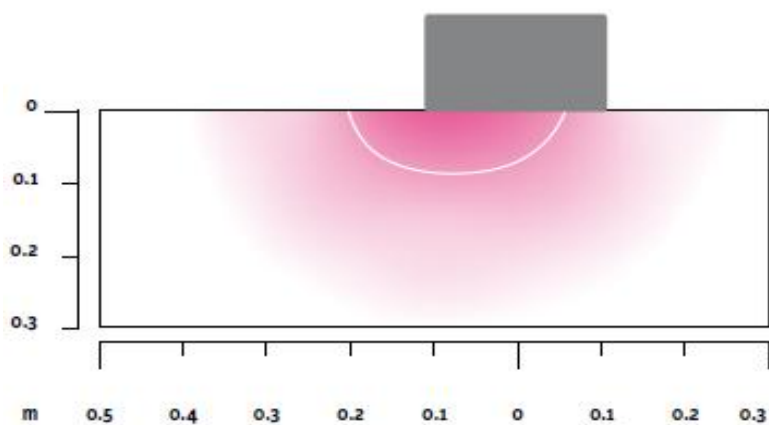
コンピュータやテレビのブラウン管は、静電場・低周波数電磁場・高周波非電離放射線・弱 X 線といった、異なる種類の場と放射を生成する。モニターによる曝露を減らすためには、以下の勧告に従うべきである。

ーTCO ラベル。モニターを新たに購入する際には、TCO ラベル（元来スウェーデンのもの）を探すこと。TCO99 や TCO03 のようなラベルは、放射の少ないコンピュータモニターを示している。

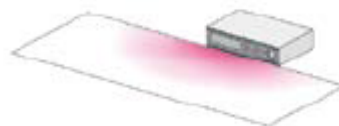
ー適切な距離を保つこと。コンピュータモニターからは 50 センチメートル、テレビからは 2 メートルの、最低距離を保つこと。これは隣室にも適用される。

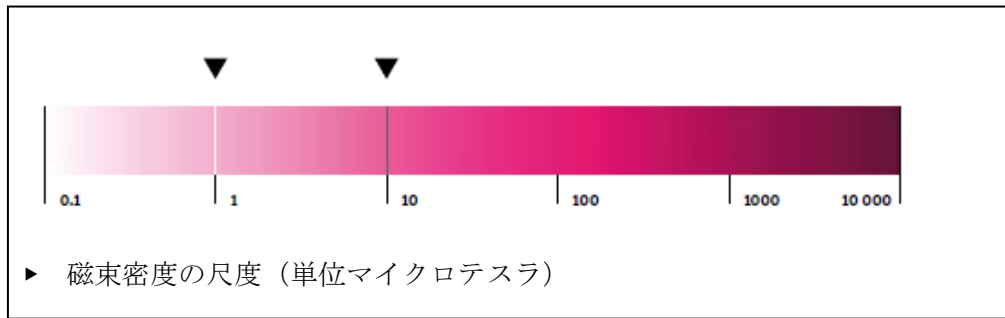
ーラップトップ型モニターが出す電磁スモッグは少ない。ラップトップ型モニターも電気を消費するので、やはり低周波電磁場を生成するが、他の放射は生成しない。

機器	磁場（単位マイクロテスラ）		
	距離 3 センチ	距離 30 センチ	距離 1 メートル
時計つきラジオ	3-60	0.1-1	0.01-0.02
電気毛布	30 以下		
テレビ	2.5-50	0.04-2	0.01-0.15
PC モニター （TCO つき）		0.2(50 センチ)	
電気床暖房		0.1-8	
ストーブ	10-180	0.15-5	0.01-0.25



時計付きラジオの磁場。就寝中の長時間曝露を避けるためには、時計付きラジオのように恒常的に作動する機器は、ベッドから少なくとも 1 メートルは離すべきである。実線が表す強さは下の色物差しで示される。





照明

低電圧ハロゲンランプのような照明システムは、比較的強力な磁場を生成する。それらの磁場は、一部には通常の家計用電圧 230 ボルトを 12 ボルトにする変圧器から、また一部には通電する導線から生じる。同量の照明光を得るためには、低電圧で稼働するランプ中の導線に流れる電流は、通常の照明装置に比べてより大きくなければならないが、そのために磁場もまたより大きくなる。もし導線が互いに離れていれば、場はさらに強くなり、上階の床でも計測されることになる。

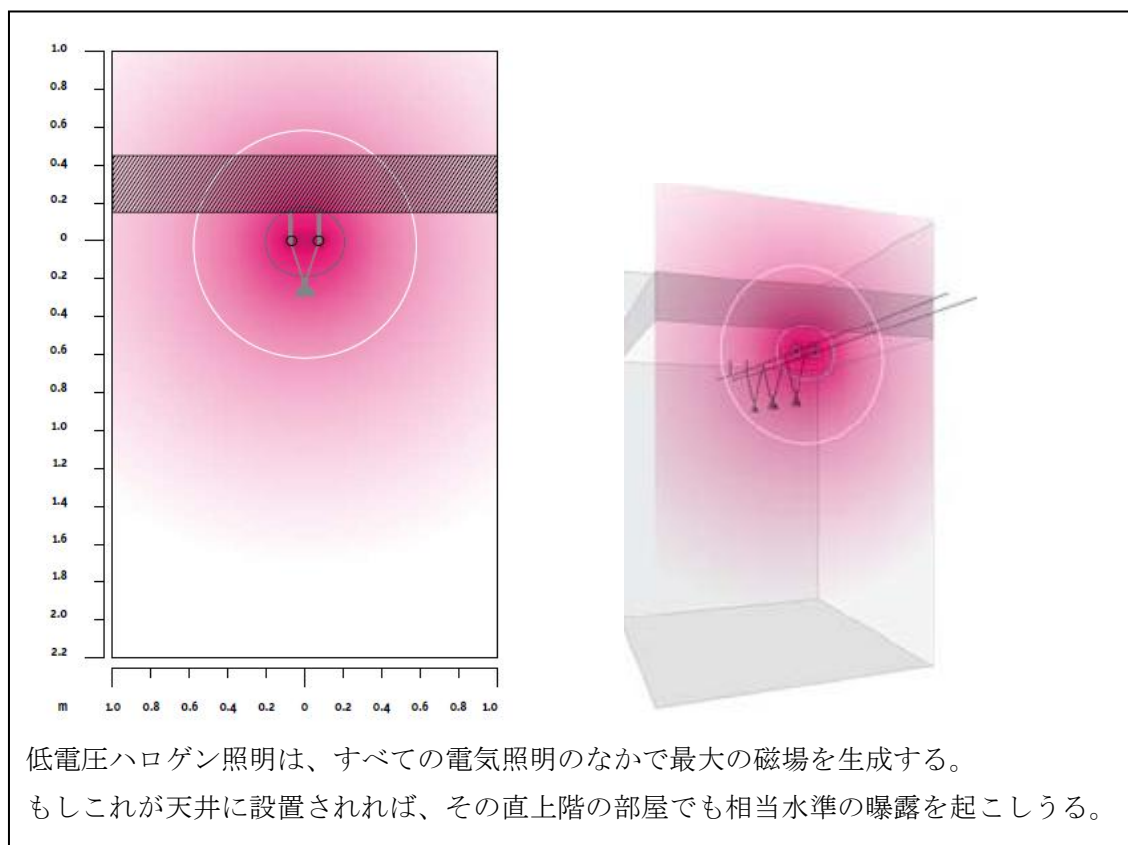
曝露を減らすためには、照明機器を購入する際に、以下のことが守られるのが望ましい。
 ー白熱電球。これが生成する磁場はすべての照明機器のなかで最小であるが、照明効率は低いので、エネルギー節約ランプに比べて相当に多くの電気を消費する。

ーエネルギー節約ランプ。これは低部にあるチョークコイルのために、白熱電球よりわずかに強い磁場を生成するが、50 センチメートルほどの距離ですでに磁場は消滅する。電力消費が少なく寿命が長いので、白熱電球よりも環境にやさしい。

ー蛍光灯。その磁場はエネルギー節約ランプよりも強いので、少なくとも 1 メートルの距離が推奨される。

ー低電圧ハロゲンランプ。これはすべての照明機器のなかで最大の磁場を生成する。変圧器と導線を、よくいる場所から少なくとも 2 メートルはなすことが推奨される。

機器	磁場（単位マイクロテスラ）		
	距離 3 センチ	距離 30 センチ	距離 1 メートル
白熱電球 (60 ワット)	0.1-0.2		
15 ワット エネルギー節約灯 (チョークつき)	1	0.1	
ハロゲン卓上灯	25-80	0.5-2	0.15 以下
低電圧ハロゲン 照明			0.3 以下



■鉄道路線沿いの頻繁に変動する磁場



鉄道電線（接触・電力供給線）からの磁場は相当に変動する。機関車が加速ないし停止すれば、電流が増加して磁場が強化される。混雑した路線ほど曝露水準が高い。

鉄道電線からの電場

スイスの鉄道はほとんど周波数 16.7 ヘルツの交流電流で運行されている。つまり鉄道に沿って発生する電磁場もその周波数を持っている。

鉄道電線の直下（たとえば踏み切り）での電場強度は約 1500 ボルト毎メートルであり、距離がませばそれは小さくなる。したがって、スイスで 16.7 ヘルツの電場に適用される曝露基準値である 10000 ボルト/メートルは、容易に遵守される。また鉄道電線の電圧は、運行の程度とは関係なくいつも一定しているので、電場もまた磁場とは違って変動することはない。

磁場の大きな変動

鉄道電線はいつも一定の電流を流すとはかぎらないので、鉄道路線付近の磁場は相当に変動しうる。機関車や電車が加速したり、あるいは停止して電気を戻したりするときには、電流が増加し、そして磁場も増加する。また機関車は、上り坂のときや重い貨車を引くときにも、多くの電気を必要とする。

通常電流は、25 から 30 キロメートルごとにある中継点で、接触線に供給される。2 点の間を通る列車がなければ、電流は流れず、したがって磁場も生成されない。ここであげられている図でいえば、午前 1 時から午前 4 時 30 分までの間がそれにあたる。しかし運行している列車があれば、それが電気を供給されている区間全体にわたって磁場が存在する。鉄道路線沿いの曝露は、各供給区間内の交通量と各列車の位置、および変動する機関車の電気要求量に応じて変化する。

公共給電体系と鉄道電力供給とでは磁場の周波数が異なるので、それらの強度を直接に

比較することはできない。健康への悪影響を引き起こす磁場強度の基準値は、周波数によって異なる。短期効果から保護するために ONIR に規定されている曝露基準値は、周波数 50 ヘルツのときには 100 マイクロテスラであるが、16.7 ヘルツのときには 300 マイクロテスラである。

◆鉄道電力供給の特性

公共給電体系と同様に、スイスの鉄道路線の大部分は交流電流により運行されている。しかしこの共通性にもかかわらず重要な相違もあり、それは鉄道送電線付近の磁場にも影響をあたえている。

低い周波数

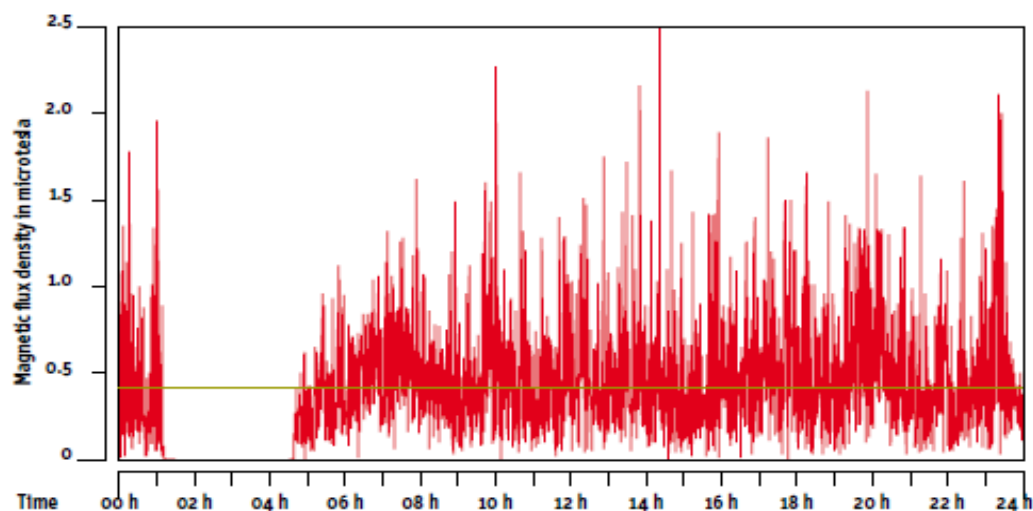
公共給電体系の周波数が 50 ヘルツであるのに対して、鉄道電力供給の周波数は 16.7 ヘルツである。この相違は、初期の列車用モーターが、順調に機能するために、可能なかぎり低い周波数を要求したからである。そのため 20 世紀初頭に、スイスをふくむヨーロッパ諸国は、試行錯誤ののち、今日でも採用されている 16.7 ヘルツを墨守することで合意した。この決定により、鉄道のために独立した給電体系を建設・運転することが必要になり、スイス連邦鉄道のような主要な鉄道会社は、独自の発電所と送電網を所有することになった。しかし鉄道会社はそれにくわえて、公共送電網からの 50 ヘルツ交流電流を、周波数変換器で 16.7 ヘルツに変換して使用することもある。発電所で生成された電力は、132 キロボルトの独立した高圧送電線をとって、鉄道変電所におくられる。そこで電圧は、機関車が要求する 15 キロボルトに下げられる。

少ない通電線

公共給電では三相交流がおこなわれており、回路は 3 本の導線により構成されている。それに対して鉄道給電では、往路と復路の導線のみが使用され、いずれもいつも通電している。機関車が要求する電力は、鉄道路線そのものと並行する接触線を通じてのみ供給されており、復路電流はレール・返還線および地面をとる。

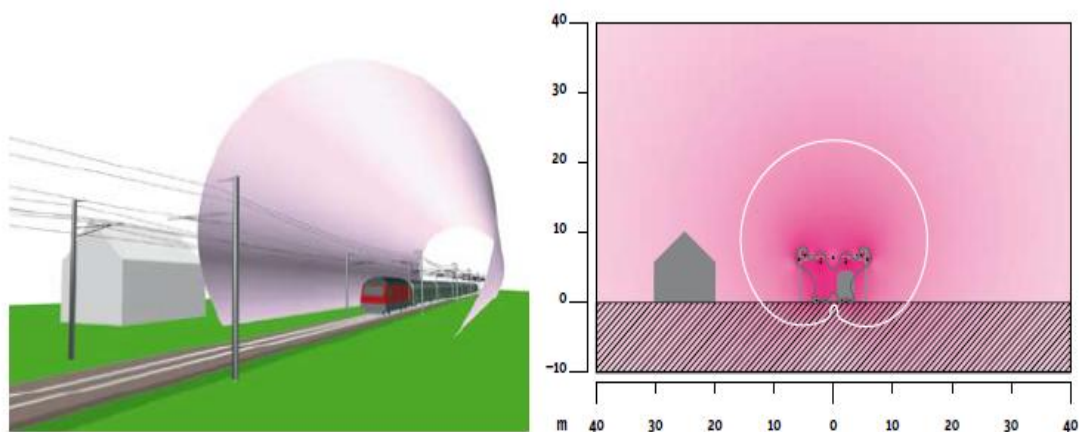
動く電力消費者

電気機器は固定した場所で使用されるのが原則であるが、鉄道給電網で給電される機関車はたえず動いている。機関車は電気ブレーキを使用することによりみずから発電さえする。つまり、モーターがブレーキのエネルギーを電力にかえる発電機になり、その電気が給電網にもどっていく。

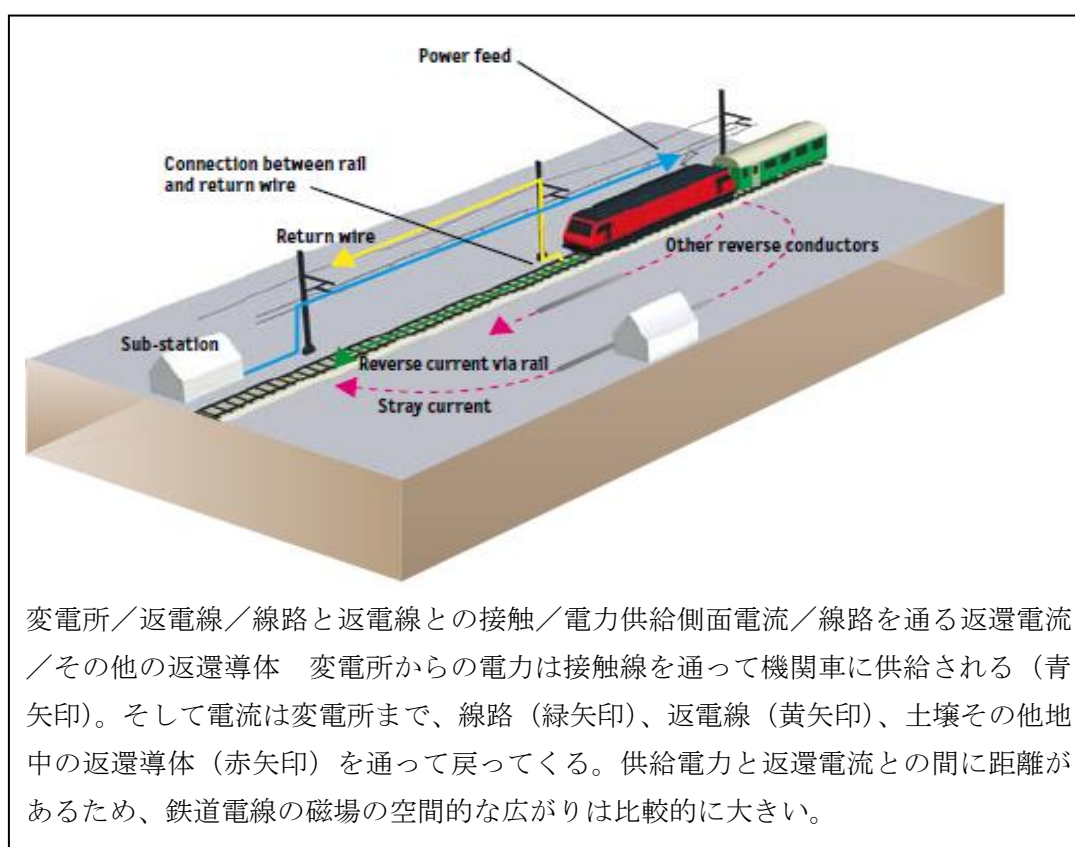
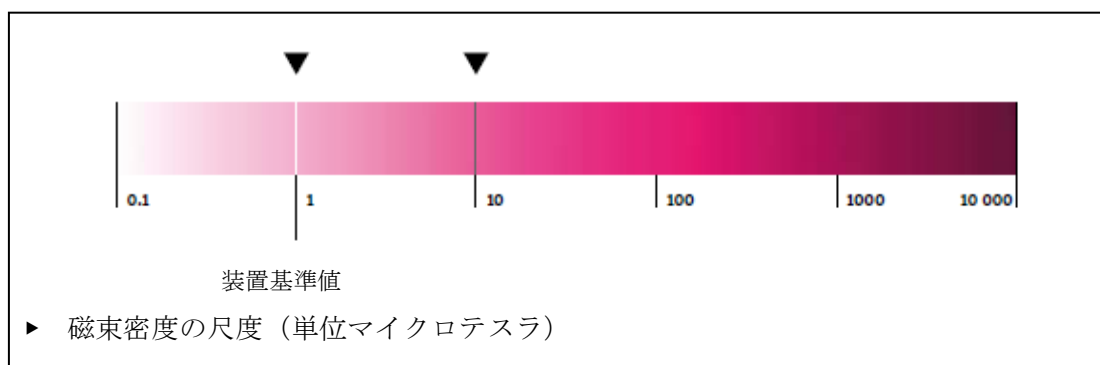


縦軸：磁束密度（単位マイクロテスラ）／横軸：時間（単位時）

ノットビル付近の、ルセルン・バーゼル間複線鉄道の、レール中央から 10 メートルの地点で測定された、周波数 16.7 ヘルツの磁場。曝露水準は交通量に応じて変動する。この区間に列車がないときには曝露もない。24 時間平均（緑線）は 0.41 マイクロテスラである。これを装置基準値である 24 時間平均 1 マイクロテスラと比較すると、この例ではそれが遵守されていることがわかる。



典型的な鉄道複線上の磁場。トンネル状の領域（左が俯瞰図）の周縁部における磁場は 24 時間平均で 1 マイクロテスラである。線路に垂直な磁場の断面図（右）をみると、接触線からの距離がますますつれて、曝露が減っていく様子がわかる。灰色の線は 24 時間平均が 10 マイクロテスラ、白の線はそれが 1 マイクロテスラであることを示す。



返還電流に焦点をあてる

鉄道送電体系による磁場の強度を考慮する際に重要なもうひとつの点は、供給電流と返還電流とが相当に離れたところにあることである。接触線を通して電気が供給されるのに

対して、返還電流は線路や返電線を通して流れる。しかし線路と地面とは接触しているので、返還電流の一部は土壌や、ガスや水道などの金属管も通る。この種の側面電流は相当な距離にわたって伝播し、変電所の付近でしか線路に戻らない。

電流が同じならば、供給電流と返還電流が離れているほど、磁場は遠くまで到達する。接触線に最も近いのは返電線であるから、磁場の広がりを減らす最善の方法は、返還電流をできるだけ多く返電線に流すことである。

ONIR の予防的規制

ONIR に規定されている、鉄道送電体系からの放射の予防的規制は、その装置が新しいか、改良されているか、古いかによって異なる。

新しい装置：これには新たな鉄道路線や、再敷設された路線の高架送電体系が含まれる。高感度使用の場所においては、1 マイクロテスラの装置基準値の遵守が要求される。これは24 時間平均で計測される。たとえば複線ならば、交通量によって違うが、通常接触線から10 メートルから 25 メートルの間のところで、規定された装置基準値が遵守されねばならない。ある種の例外的な状況下では、装置基準値が超過されることを、関係当局が許容することがある。

改良された装置：ONIR においては「改良」という用語は、既存の鉄道路線に軌条を付加することを意味する。予定されている変更の以前に、すでに装置基準値が超過されていた高感度使用の場所においては、磁場強度の増加があってはならない。それ以外の高感度使用の場所では、装置基準値が遵守されねばならない。新たな装置に関しては、ある種の状況下で、規定された要求が緩和されることがある。

古い装置：この用語は、改良されていないか、あるいは既存のものを修理した高架送電体系を意味する。高感度使用の場所で装置基準値が超過されているばあいには、接触線の可能なかぎり近くに地上返電線を設けなければならない。今日の鉄道路線のほとんどは、すでにこれに従っている。ONIR は古い装置に関して、それ以上なんの要求もしていない。

列車内の曝露

列車の中にも磁場には曝露する。その磁場は高架送電体系や線路によっても生成されるが、照明・暖房・空調の目的に必要な車内の送電によっても生成される。この車内の電力供給は、機関車に電源を持ち、各客車の下部を通して列車全体に通じている、特殊な被覆電線で構成されている。

ベルン・チューリッヒ間をはしる二階建て列車で行われた計測では、旅行中に磁場は相当に変動し、また列車の違う部分では磁場もかなり異なることがわかった。寝台についてみると、機関車の近くで磁場が最も強かった。座席においては、中央値は 4 マイクロテスラで、短期極値は 10 マイクロテスラまで記録された。この位置では、磁場の主要な源泉は各客車の下で電力供給線であり、その影響は、機関車からの距離が増すにつれて低下した。機関車直後の 1 号車 2 階と、最終号車の 1 階と 2 階とでは、磁場強度はほとんどかわらず、全旅程平均値が 0.7 マイクロテスラ、短期極値は 3.5 マイクロテスラ以下であった。

列車は高感度使用の場所の定義に含まれていないので、客車内の磁場には予防的制限は適用されない。



列車の中にも磁場には曝露する。その水準は列車の部分によって違う。

自動車は代わりにならない

だが列車内に磁場があるからといって、交通手段を変えればいいということにはならない。自動車の車内でも磁場は発生しているのだ。その磁場は車内の電気体系にも起因するが、車輪のリムやタイヤの鉄製ベルトから生成することもありうる。走行中の車内で行われた測定によると、乗客の足の付近および後部座席上で、曝露は最高になる。水準は車種によってちがうが、列車内の曝露と同じ範囲にある。



直流電流交通体系

路面電車・トロリーバス及びある種の狭軌鉄道は直流電流により運行されており、これらの体系は静的な（直流）電場・磁場を生成する。ONIR は直流磁場について40000 マイクロテスラを曝露基準値と制定しているが、これはいつも悠々と遵守されている。

日常生活で遭遇する直流場が潜在的な健康への悪影響に関連しているとする研究はないので、ONIR は直流交通体系については装置基準値を制定していない。

■増え続ける携帯電話からの高周波放射



全国どこにいても携帯電話で通信できるのは数千の基地局のおかげである。その一方で多数のアンテナがあることにより、全国で高周波放射が増えている。携帯電話基地局の付近では、曝露水準は1日のうちでも、転送される通話数に応じて変動する。しかし携帯電話は頭部付近で使用されるので、使用者の曝露水準が、どの基地局のそれよりもはるかに高い。



通話するときに頭部の付近で使用する携帯電話による曝露の水準は、基地局アンテナによるそれに比べると、はるかに高い。

移動体通信の流行

今ではスイス住民の多くが携帯電話を所持しており、9000 以上の基地局が全国どこからでも通話ができることを保証している。1993 年以降、GSM 移動通信規格が既存の「ネイタル C 通信網」を次第におきかえ、携帯電話の流行に寄与した。2002 年には第三世代通信網である UMTS の導入が開始された。だが移動通信の操業範囲がひろがり需要が成長し続けると、高周波電磁波への曝露も増えることになる。電力供給においては放射は望まれない副産物であるのに対して、移動通信では放射は、電線なしに情報を伝達する手段として意図的に使用される。

GSM : GSM（移動通信全国体系）規格はスイスで 1993 年以来使用されてきた。GSM 通信網は、900 メガヘルツ（GSM900）と 1800 メガヘルツ（GSM1800）のふたつの周波数で運用されている。）

UMTS : UMTS（汎用移動通信体系）は第三世代の移動通信規格である。2002 年に導入がはじまった UMTS 通信網は、1900 から 2200 メガヘルツの、ふたつのギガヘルツ周波数帯で運用されている。これは GSM よりもはるかに大量の情報を伝達できるので、動画を送受信することもできる。

通信網の構造

移動通信網は多数の操業域により構成される。各操業域にはアンテナがあつて、それが付近の電話機との無線通話を可能にする。各地域には通常複数の操業域があり、地域内のすべてのアンテナが基地局を構成する。

基地局は、標準的なケーブルないし極超短波通信によって、通信網交換センターにつながっている。各基地局はセンターから発信を受け取り、それを操業域内の携帯電話に転送する。各基地局はそれとは逆に、操業域内の携帯電話からの発信を交換センターに転送もしている。

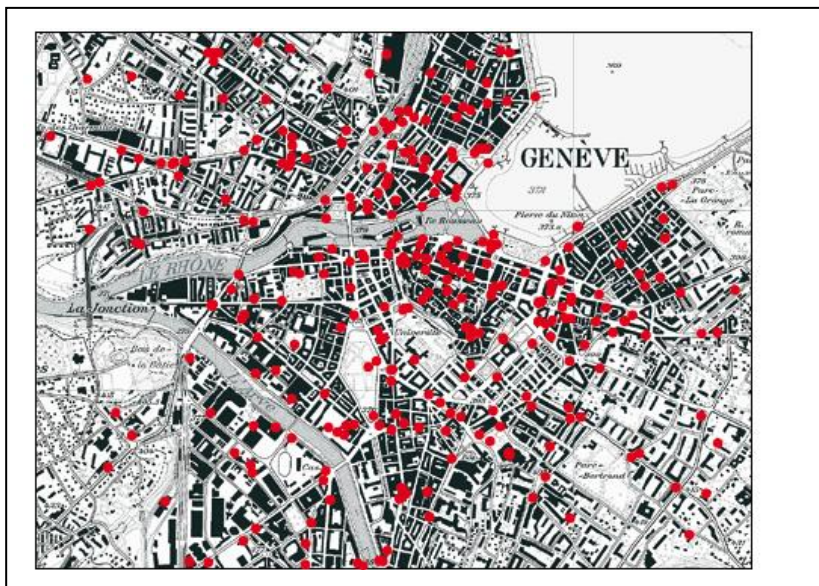
各操業域は限られた数の発信しか転送できない。そこで各操業域の範囲は、使用頻度によって決定されることになる。携帯電話がまばらにしかない農村地域では操業域は数キロメートルに及ぶが、都市の中心ではその範囲は数百メートルにすぎない。そして市街地の中心部でしばしば用いられるマイクロ操業域はさらに小さい。それは、発信数が特に多いところ、あるいは建造物が密集して広範囲への適用が困難であるところで用いられる。そして最後に、範囲がわずか数十メートルで、建造物内の通信を可能にするピコ操業地域があげられる。

アンテナの送信出力は、操業域の周縁にある携帯電話にも信号を送信できる程度には、強くなくてはならない。しかし他方では、他の操業地域内の信号と混信してはいけないか

ら、出力は強すぎてもならない。小さな操業域のアンテナは、より低い出力で運転されるので、生成する放射による曝露もまたより低い。より多くのアンテナが必要になるものの、少なくとも都市部においては、すべての基地局からの放射の総計は、より高くなるのではなく、より低くなる。地域を細かく分けた通信網では、送信出力の総計をより小さくしながら、より多数の送信を転送することさえ可能である。



移動通信アンテナ（頂上）と極超短波通信アンテナ（円筒状）がついたアンテナ柱。後者は基地局と交換センターをつないでいる。



ジュネーブ市と、ボウド州の農村部小都市ビェールとを比べるとわかるように、電話通信の需要が大きいほど、移動通信網の密度は高い。赤点が携帯電話基地局を示している。このふたつの地図は、2004年6月1日の状況を表示している。スイス全域の中継装置の位置については、<http://www.funksender.ch> を参照されたい。

◆単位と次元

携帯電話アンテナは、高周波数非電離放射線とも呼ばれる、高周波数の電磁波ないし放射を生成する。

周波数：これは 1 秒あたりの電磁波の振動回数のことで、ヘルツ・メガヘルツまたはギガヘルツで計測される。

1 ヘルツ = 1 秒あたり 1 回振動

1 キロヘルツ = 1000 ヘルツ

1 メガヘルツ = 1000000 ヘルツ

1 ギガヘルツ = 1000000000 ヘルツ

スイスの移動通信体系は、900 メガヘルツ（GSM900）、1800 メガヘルツ（GSM1800）あるいは 1900 から 2200 メガヘルツ（UMTS）で運用される。

送受信出力ワット：これは単位時間内にアンテナに供給されるエネルギーを表す。1 方向あたりの典型的な水準は、1000 分の数ワットから 40、50 ワットの間である。これは 1 日の間に、移動通信体系の作業量に応じて変動する。

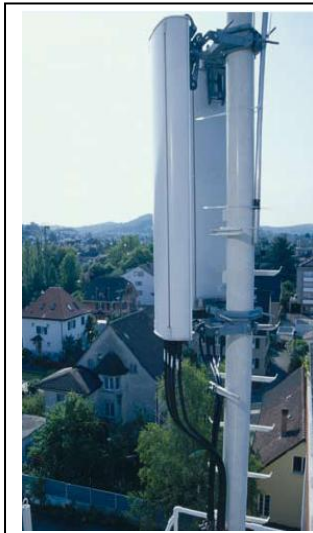
等価放射出力（ERP）ワット：送受信出力のもうひとつの表現である ERP もワットで表示される。これは曝露を計算するのに使用され、スイスでは携帯電話基地局に免許を供与する際にも参照される。ERP は送受信出力に比べるとかなり大きい。典型的な基地局アンテナでは、その差は約 30 倍になる。このことは、アンテナからの放射は全方向に均一にではなく、一部分に集中してなされるという事実を反映している。送受信出力とは違って、ERP は主要放射範囲内部の状況を表す。このような状況は照射灯に例えられる。照射灯は 1 方向にむいているので、同じ出力をもつ通常の白熱電球よりもかなり明るく見える。この例えに従えば、ERP は、放射範囲内で照射灯と同等の明るさを得るために、白熱電球に供給することが要求される電力に相当する。

電場強度：これは放射の強さを表しボルト毎メートルで計測される。

電力束密度：これも放射の強度を表現する。これは、垂直面を単位時間内に通過するエネルギーを表現するもので、ワット毎平方メートルないしマイクロワット毎平方センチメートルで表示される。電力束密度は電場強度から計算されるが、その逆も成り立つ。電力束流密度は電場強度の 2 乗に比例する。これらの変数はいずれも、アンテナの放射出力と直接に関連している。

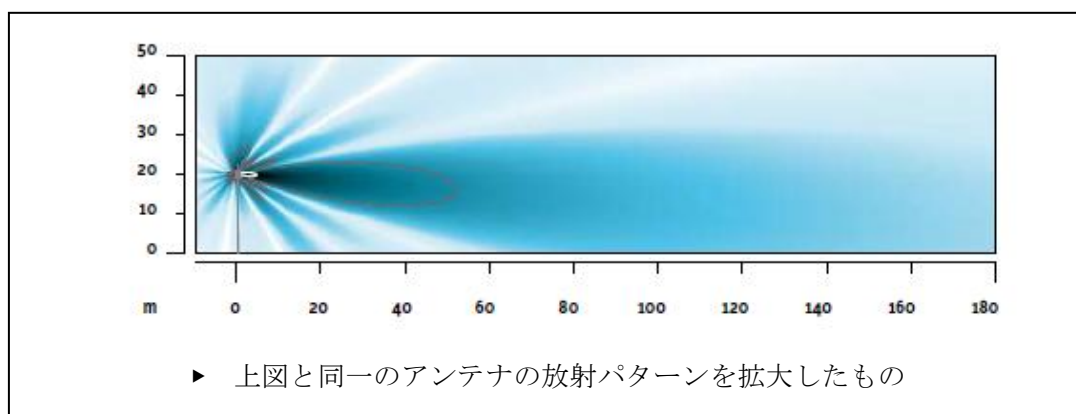
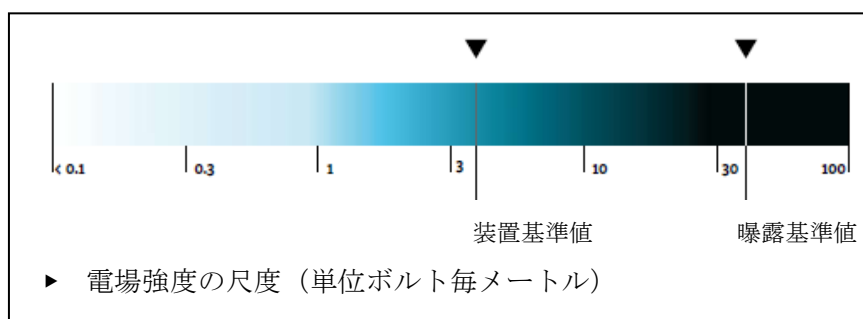
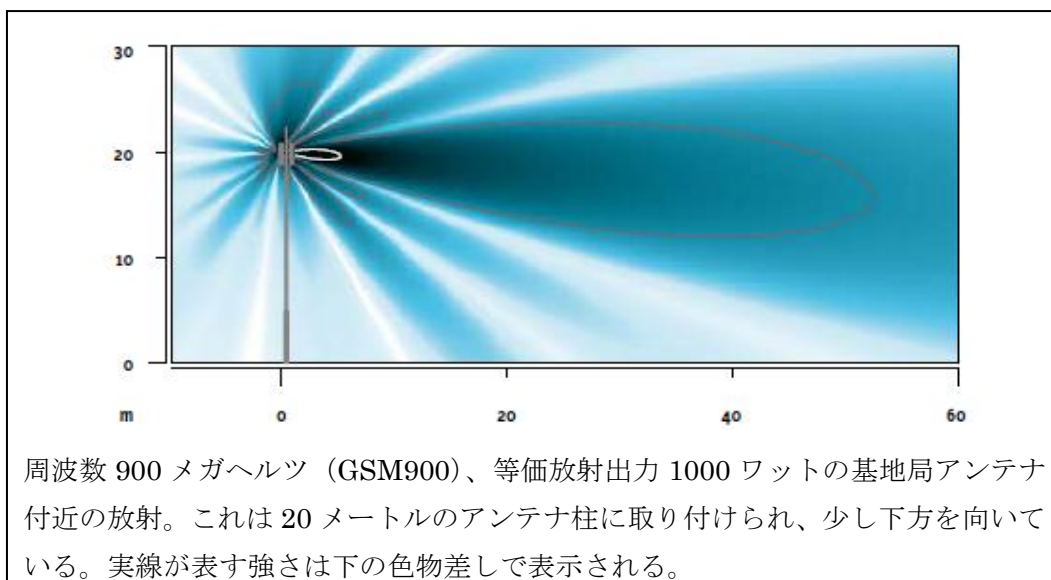
電力束密度は放射出力に直接に比例する。つまり放射出力が 2 倍になれば、電力束流密度もまた 2 倍になる。それに対して、電場強度は電力束密度の平方根にしか比例しない。放射出力が 2 倍になっても、電場強度はルート 2 倍、つまり 41 パーセントしか増えない。

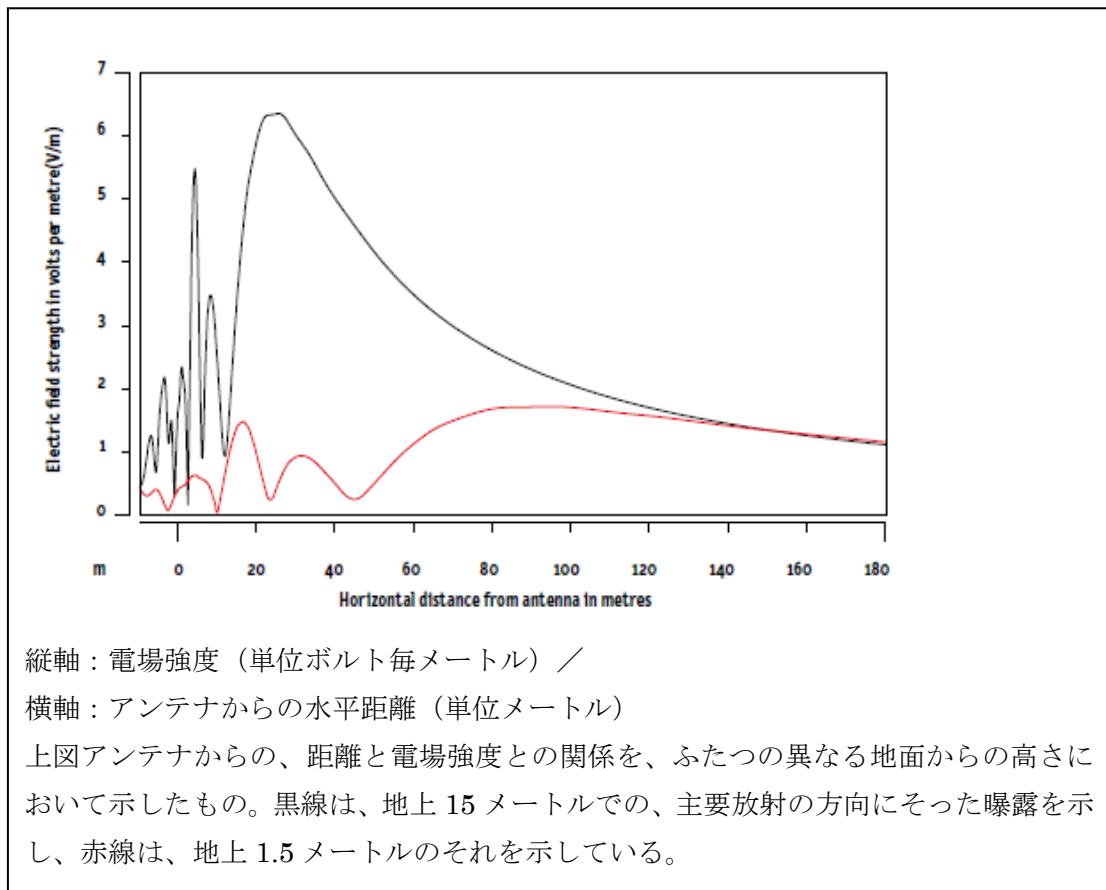
この物理法則は、ふたつの同一出力のアンテナが異なる方向から、同じ地点にむけて放射するという状況を考える際にも重要である。ここでもまた、電場強度は 2 倍にはならず、41%増えるだけなのだ。電場強度を 2 倍にするためには、同一出力のアンテナ 4 個が特定方向に放射することが必要であり、電場強度を 10 倍にするには 100 個のアンテナが必要とされる。



基地局に設置されたアンテナは、その到達範囲内の携帯電話とのやりとりを可能にする

電場強度 (ボルト毎メートル)	力流密度 (ワット毎平方メートル)	力流密度 (マイクロワット毎平方センチ)
61.4	10	1000
33.6	3	300
19.4	1	100
10.6	0.3	30
6.1	0.1	10
3.4	0.03	3
1.9	0.01	1
1.1	0.003	0.3
0.6	0.001	0.1
0.3	0.0003	0.03
0.2	0.0001	0.01





携帯電話基地局の付近における放射

携帯電話基地局の付近における放射の強度は多様な要因に依存する。計画中の施設に起因する曝露を認可当局が計算する際には、これらの変数すべてが考慮される。

等価放射出力（ERP）：その施設の放射出力がおおきいほど、付近の放射強度も高い。

アンテナの空間的な放射パターン：基地局のアンテナはすべての方向に均一に放射するわけではない。それはむしろ、照射灯と同様に照準をしばり、望ましい主要方向に放射するのである。その範囲から外れても放射は存在するが、非常に弱くなる。主要方向の側面には、葉状の放射範囲（ローブ）が認められる。

アンテナからの距離：電場強度はアンテナからの距離の 2 乗に比例して減少する。これは主要放射については特によく当てはまる。しかし地面においては状況はより複雑である。アンテナのすぐ近くでの曝露は、主として側面のローブに起因している。ローブの影響圏外では、主要放射からの影響が卓越するので、距離がますますつれて電場強度も次第にます。上図の例では、距離 90 メートルのときに強度が最高になり、それ以降になってようやく減っていく。

壁と屋根による減衰：壁や屋根は外部から建造物に到達する放射を減衰させる。このことはアンテナが設置されている建造物にも当てはまる。天窓のないコンクリートの屋根があれば、ほとんどの放射は遮蔽される。しかし放射は、タイルや木材の屋根や、遮光されていない窓は容易に通過する。

携帯電話と基地局はどう機能するか

ひとつの操業域で複数の人々が通話するのを可能にするために、GMS では 8 人までの使用者が同一の周波数チャンネルを共有している。各使用者は、送信のための時間の 8 分の 1 ずつを割り当てられている。通話データは持続時間 577 マイクロ秒のパッケージに分割され、4.6 ミリ秒ごとに送信される（図 1 参照）。そのため携帯電話は、1 秒につき 217 回脈動する放射を生成する。

GMS 携帯電話には、動的な出力調整の仕組みが備わっている。接続を確立しようとしているときには、電話機は最大の放射を出力する。だがその水準はやがて、基地局との適切な連絡を保つのに十分なところにまで落とされる。

基地局の方では、放送調整チャンネルおよび交通チャンネルに送信する。

放送調整チャンネルでは、8 個の時間わりあてすべてを最大出力で送信する（図 2 参照）。各時間わりあての間には短い空白が生じる。ある時間割り当ての中では、たとえば接続を確立したり維持したりするのに必要な、技術的なデータが送信される。他の時間割り当ては、通話を伝達するのに使用されたり、あるいは人工的に空白のデータで埋められたりする。

放送調整チャンネルだけではもはやすべての通話を処理しきれないときには、交通チャンネルが起動される。これは実際に必要なときにだけ放射を送信し、出力は可能なかぎり低くなるように調整されている（図 3 参照）。交通チャンネルの時間的な送信パターンは、送信される通話数と、接続の質によってかわる。ここで示した例では、2 番と 4 番の時間割り当てが異なる出力で運用されており、1 番と 5 番から 8 番までの割り当ては起動されていない。

図 1・携帯電話

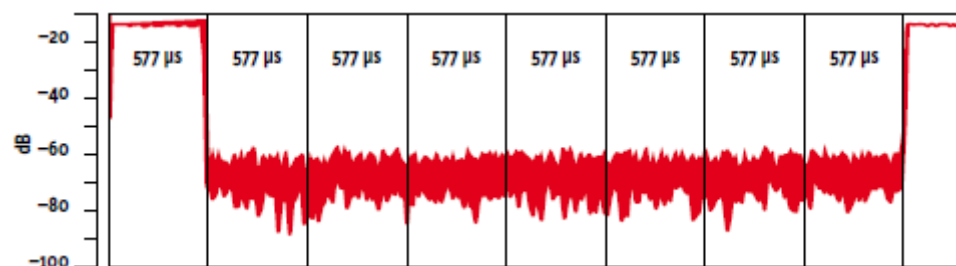


図 2・基地局：放送調整チャンネル

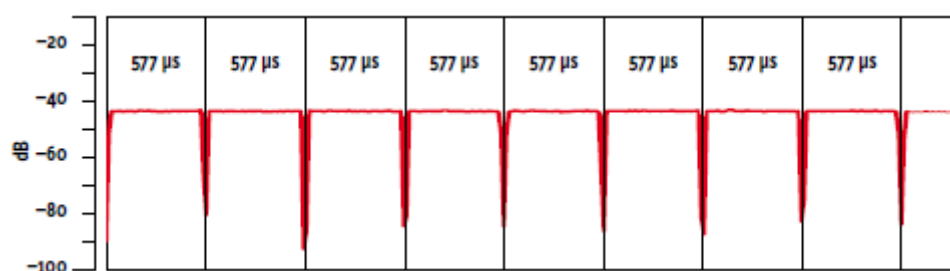
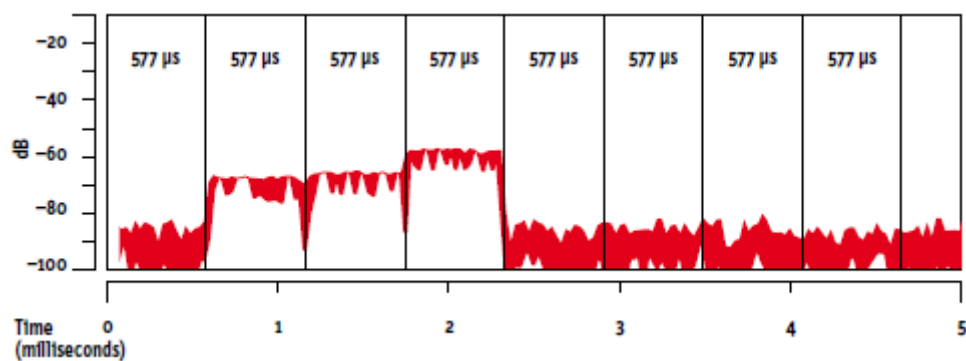


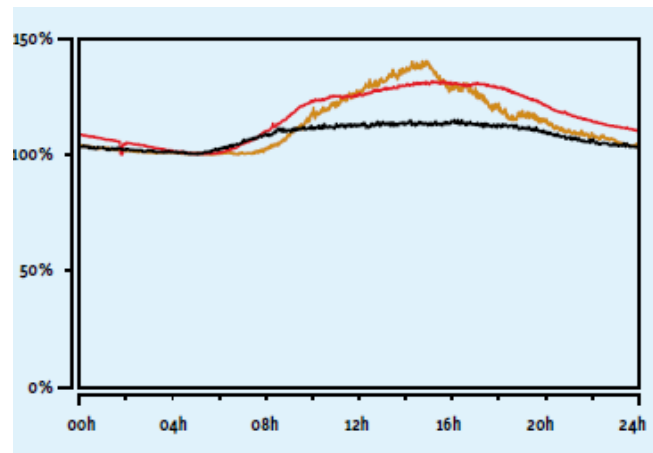
図 3・基地局：交通チャンネル



縦軸：デシベル／横軸：時間（単位ミリ秒）

携帯電話（上）および基地局（中・放送調整チャンネル、下・交通チャンネル）の時間的送信パターン。デシベルは対数を用いた単位であり、たとえば 20 デシベルの差は、送信出力で 100 倍、電磁場強度で 10 倍の違いを意味する。

基地局付近での1日の電場強度の変動



3軒の異なる基地局からの放射曝露の、24時間の変動。最低水準を100としたときの、電場強度の変動を示した。最低水準では調整チャンネルのみが送信している。

携帯電話基地局の付近では、送信される通話数に応じて、曝露水準は1日のうちに変動する。夜間には、曝露は実際には調整チャンネルからのみくる。午前中には、通話数も増えて交通チャンネルも起動されるので、曝露水準が上昇し、そして午後あるいは晩にかけて、曝露水準は極致を迎える。

とりわけ夜間に、時間的に平均してみると、放射曝露の実際的水準は、数学的な予測あるいは承認された計測で示されるものよりも低くなるが、それはこれらが、実際には滅多に実現しない、可能なかぎり最大の仕事量を前提としているからである。

ONIR の予防的規制

高感度使用の場所においては、携帯電話基地局は、ONIRに制定されている装置基準値を遵守することが要求されている。これは住宅地・学校・表印・事務所・運動場に適用される。1個の装置は、同一のアンテナ柱ないし同一の建造物に取り付けられるか、あるいは他の方法で近くにまとめられた、すべての携帯電話アンテナから構成される。制定された装置基準値は、再大容量のもとで、すなわち最大出力にあって最大の通話数・データ量が送信されたときに、遵守されねばならない。以下の装置基準値が適用される。

- －GSM900 装置には 4 ボルト／メートル
- －GSM1800、UMTS 装置では 6 ボルト／メートル
- －GSM900／1800、UTMS を組み合わせた装置では 5 ボルト／メートル

主要放射方向において、建築構造物による減衰がないときには、アンテナからの距離について、以下の基準値が要求されている。

方向あたり等価放射出力 (ERP)	主要放射方向において装置基準値に関して遵守されるべき距離	
	GSM900	GSM1800・UMTS
10 ワット	5.5 メートル	3.7 メートル
100 ワット	18 メートル	12 メートル
300 ワット	30 メートル	20 メートル
700 ワット	46 メートル	31 メートル
1000 ワット	55 メートル	37 メートル
2000 ワット	78 メートル	52 メートル

主要放射から外れているか、あるいは放射が建造物に遮蔽されているときには、これらの距離は相当に短くなり、地域データ表の数値的予想は 30 分の 1 にも減る。

携帯電話基地局の認可と監督

ほとんどの携帯電話基地局には建設許可が必要とされている。この手続きには州により、その内容と実施に関してちがいがあがあるが、基本原則はどこでもおなじである。

建設許可の申請・地域データ表の提出：携帯電話基地局の運営者は、地方政府の関連当局に、建設許可申請書を提出することを義務づけられている。要求されている書類には地域データ表が含まれるが、そこでは運営者は、アンテナの送信出力や主要放射方向などの詳細を報告し、施設の付近で予想される放射量を計算することになっている。州の建設監督局はまた、計画されているような構造のアンテナ柱が、計画されている地域で必要かどうかを決定もする。

申請の公表・反対意見：関係地方政府は、建設許可申請書を公表することを義務づけられている。ほとんどの州では、申請書を検討して反対意見を述べる機会が、住民に認められている。住居と施設との間の距離がどの程度までの住民に反対が認められるのかは、地域データ表に示されている。

申請と反対意見の実態調査：関係当局は申請を検討し、必要であれば州の非電離放射線諮問事務所の助力をあおぐ。地域データ表に含まれるすべての細目と計算が検討されるが、ときに実地調査が必要なこともある。反対意見もまた吟味され、公聴会の終了後に、建設許可に関する決定がなされる。

建設許可と訴訟の可能性：計画されている携帯電話基地局が、ONIR に規定されている基準値を遵守し、適用されるべき建築規制にも適合していれば、関連当局はこれを認可しな

なければならない。建設許可に関する決定はそこで、申請者および、反対しうるすべての住民に伝達される。反対する住民には、関連の州裁判所に提訴し、連邦裁判所での最終審まで争う選択肢が認められている。

装置基準値の 80 パーセント以上が記録された場合、装置の運転後でも放射水準を計測することを、関係当局は要求する。そのとき当局は、施設が装置基準値を、紙面で、および実際に遵守しているかどうかを検査する。

◆携帯電話使用者への助言

携帯電話使用者は、以下の勧告を遵守することにより、放射への曝露を減らすことができる。

—低放射携帯電話

可能なところでは低放射携帯電話を使用すること。特異吸収率（SAR）が低いほど、通話中に頭部に吸収される放射は少ない。携帯電話の SAR に関する詳細については、<http://www.topten.ch> および <http://www.handywerte.de>（ドイツ語）を参照されたい。

—ハンドフリー機器

ハンドフリー機器をもちいれば、携帯電話アンテナからの距離が増えるので、頭部に吸収される放射が減る。頭部以外の敏感な部分を保護するためには、ハンドフリー機器を使用するときには、携帯電話は、心臓付近のポケットや、ズボンの前ポケットに、入れておいてはならない。

—送受信の質

基地局への接続の質がよければ、携帯電話は低出力で送信する。したがって、たとえば封鎖された部屋や地下室からの送信を避けるなどして、送受信の水準が高い場所から通話するようにすれば、曝露量を減らすことができる。

—車内からの通話を避けること

自動車の車体は放射を非常に減衰させるので、車内の送受信は貧弱である。携帯電話は車内では、もし用いるとしても、車体に外部アンテナが装着されているときにのみ用いるべきである。運転中に携帯電話を使用すれば、運転者は路上に十分に注意できなくなるので、事故の危険が増すということは、多くの研究で示されている。安全上の理由により、車内からの通話は、ハンドフリー機器を使用できるときにのみすべきである。

—通話を確立する

携帯電話は、送信の瞬間に最大出力となる。番号入力したのちには、接続がなされるまで、携帯電話は頭部から離しておくべきである。そうすれば、放射を減らすことができる。

—通話を短くする

携帯電話を用いた通話が短いほど、放射は少ない。

基地局と携帯電話からの放射の比較

携帯電話には基地局アンテナよりも相当に低い出力しかないのに、通話中の端末からの曝露は、最も強力な基地局からのそれに比べても非常に大きい。基地局アンテナから数メートル以内にくることはほとんどないが、携帯電話は頭部に大変近いところで使用するから、というのがその理由である。基地局からは遠く離れていて、全身が同一強度の放射に曝露しているのに対して、携帯電話においては、放射は主として頭部に集中している。

もうひとつの違いは、基地局が絶えず放射しているのに対して、携帯電話は通話中にだけ放射するということである。たとえば待機状態など通話がなされていないときには、スイッチの入った携帯電話は、最近の基地局から管理信号を受信するものの、所在を報告するための短い信号を数秒ごとに送信するにすぎない。GSM においては異なる形態の信号もある。携帯電話からの放射は 217 ヘルツの周期で脈動する。基地局の放送管理チャンネルは、短い空白信号だけを継続して送信している。交通チャンネルの信号は通話数に応じて変化するが、もし交通チャンネルも活性化されていれば、基地局の信号全体は複雑に変動するものになる。

基地局	携帯電話
より強い放射	より弱い放射
人々から相当な距離	頭部に非常に近い
全身に均一な曝露	頭部に局所的な曝露
低い吸収出力	頭部に高い吸収出力
恒常的に存在する放射	通話中にのみ存在する放射
GSM 放射は複雑な信号形態をもつ	GSM 放射は周期 217 ヘルツで規則的に脈動

携帯電話における特異吸収率（SAR）

スイスでも適用されている携帯電話のための国際基準においては、特異吸収率の基準値は、体重 1 キログラムあたり 2 ワットと勧告されている。特異吸収率は、通話中にどれほどの放射が、体内に吸収され熱に変換されるかを示すものである。特異吸収率が低いほど、放射の水準も低い。



携帯電話使用中の頭部における放射曝露の計算例。被験者の特定異吸収率は0.61ワット／キログラムである。外層の白／黄領域で曝露は最高になる。内部に進むにつれて曝露は急速に減少する。黒領域では外層の100,000倍も曝露が小さい。

（画像はチューリッヒの連邦技術研究所、IT・IS財団の提供による。）

■放送電波の大半は居住地の外で放射される



ラジオ・テレビ放送のための送信機は、通常は住宅地域の外部の、地表から高いところに置かれている。アマチュア無線送信機は住宅地域内にあるが、かぎられた時間に使用されるだけである。2点間マイクロ波通信網はごく狭い範囲にしか送信しない。

放送

放送用送信装置は、ラジオ・テレビ番組を送信する目的に使用される。それは通常は、丘陵や山間など、地表から高いところに設置されている。ラ・ドール、シャセラル、リギ、センティス、モンテ・サン・サルバトゥールなど、大規模な装置のなかには、それが位置する山頂にちなんで命名されたものがあるが、その他にも多数の、より小さな装置がある。スイスではおよそ 400 のラジオ局と 600 のテレビ局が番組を放送している。それらの位置と、出力および放送番組に関する詳細については、<http://www.funksender.ch> を参照されたい。



シュウィツ州リギ（左）およびベルン州バンティジェル（上）の放送局。塔下部の方向皿は、局を他の送信機と連絡させるものである。テレビ・ラジオ放送用のアンテナは塔の頂上にある。

◆ラジオ

ラジオ番組は多様な周波数で放送されている。各周波数領域は対応する波長で呼ばれている。

中波：中波とは 300 キロヘルツから 3 メガヘルツまでの範囲を指すものである。この周波数帯は、1920 年代にスイスで最初にラジオ番組が放送されたときに使用されたものであり、のちにベロミュンスター、ソッテンズ、モンテ・セネリなどの国営放送局によっても使用された。VHF の導入後に、音質が劣るため中波は廃れ始めた。1990 代中期以降に中波を使用している放送局は、「オブションミュージック」と「ムジークベレ 531」のふたつにすぎない。

超高周波数（VHF）：今日ではほとんどのラジオ番組は VHF で放送されている。この周波数領域は 30 から 300 メガヘルツであり、そのうち 87.5 から 108 メガヘルツがラジオ番組に当てられている。スイスでは VHF は 1950 年代から使用されている。その音質は中波よりも優れており、またステレオで放送することができる。

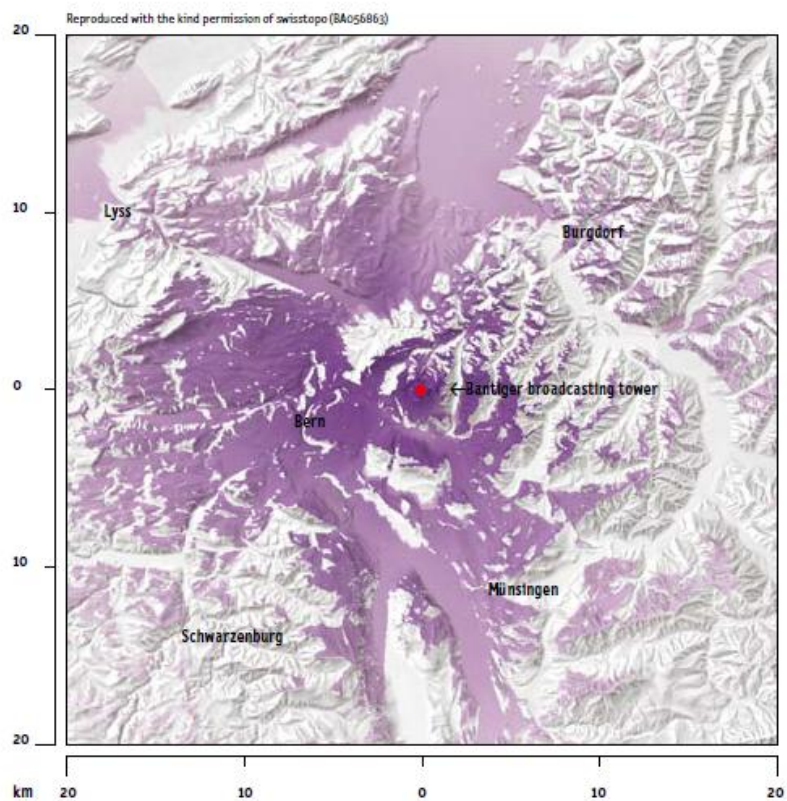
T-DAB デジタルラジオ：これは VHF の中期的な拡張として意図されたものである。T-DAB は地上デジタルオーディオ放送を意味する。スイスでは 1999 年に導入された。デジタルラジオ番組は、衛星およびケーブルを通じても放送されている。DAB では音波信号は放送前にデジタル化、つまり音楽 CD にデータを貯蔵する方法と同様に、1 と 0 からなる数字の列に変換される。そして受信機がデジタルデータをまた言葉や音楽に戻す。この技術のおかげで、車内でも障害なしにラジオを聴くことができる。DAB は主として 223 から 230 メガヘルツの VHF 領域で使用される。

送信出力

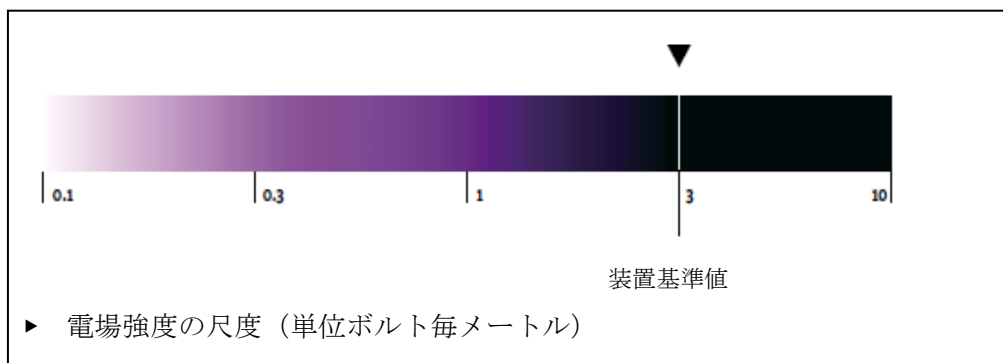
広い領域を覆う放送施設は大きな送信出力を持つ。スイスの地理的条件により、そういう高出力体系のほとんどは地表から高いところに位置しているので、それらのすぐ近くに住居建造物があるということは通常はない。それらの送信機からの放射は、垂直には狭い範囲に焦点づけられ、わずかに下に向けられているものの、水平方向には自由に向きが変えられる。低出力アンテナ群を通じて峡谷に送信する、差し込み式送信機というものもある。

都市や市街地の外部では、通常は放送用送信機が、高周波数背景放射の最大部分を占める。しかし人工密集地域においては、携帯電話基地局アンテナからの信号が卓越することも少なくない。

送信技術のアナログからデジタルへの変化が放射曝露に及ぼす影響を、評価することは現在のところ困難である。一定数のテレビ番組を送信するのに必要な周波数は、デジタル技術を用いればアナログのときより減るのは確かであるが、この利点も、将来無線技術を用いてより多くの番組が送信されるなら失われてしまう。同一程度に良質な受信をするのに必要な出力は、デジタル送信においてはアナログ送信よりも小さいが、この利点もまた、空中アンテナ等を用いた固定屋外受信ではなく、小さなアンテナをつけた携帯屋内テレビのために送信されるのであれば、失われることになる。その場合、建造物外壁による減衰が、より高い送信出力を用いることにより相殺されねばならない。デジタルテレビが、より低い送信出力と放射曝露に結びつくかどうかは、したがって、将来送信される番組の数と、受信の質に関連する要求に依存している。



ベルン州・バティジェル放送塔周辺の磁場強度を図示したもの。計算は回折と反射を考慮しない単純な仮定に依拠している。地理的条件のため、白で示された領域では送信機を目撃することがない。そこでの電場強度は 0.1 ボルト毎メートル未満と非常に低いが、ラジオ・テレビ信号を受信することはなお可能である。



種別	波長	周波数	スイスで使用される 周波数
長波	1-10 キロ	30-300 キロヘルツ	なし
中波	10-100 メートル	300 キロヘルツ -3 メガヘルツ	531 キロヘルツ -1.5 メガヘルツ (中波ラジオ)
短波	10-100 メートル	3-30 メガヘルツ	2004 年末現在廃止
超高周波数	1-10 メートル	30-300 メガヘルツ	47-68 メガヘルツ (アナログテレビ) 87.5-108 メガヘルツ (VHF ラジオ) 現在：アナログテレビ・ デジタルラジオ 将来：デジタルの ラジオ・テレビ
マイクロ波	1 ミリ-1 メートル	300 メガヘルツ -300 ギガヘルツ	470-862 メガヘルツ 現在：アナログテレビ 将来：デジタルテレビ 1452-1492 メガヘルツ 将来：地方デジタル ラジオ番組 送信を検討

◆テレビ

今日ではほとんどのテレビ番組は、ケーブルあるいは衛星を通じて受信される。しかしスイスのテレビ番組はまた、VHF（47 から 68 メガヘルツと、174 から 230 メガヘルツ）や、より高い周波数領域（470 から 862 メガヘルツ）を用いた、地上送信機を通じても放送されている。

DVB-T：2001 年末には、通常アナログテレビ技術が DVB-T（デジタルビデオ地上放送）に変わるという変化もあった。この新技術は音声と画像の質を良くするほか、追加的な情報を放送できるという利点をもつ。この技術はまた、周波数をより効率的に利用する。たとえば DVB-T では、ひとつの通常アナログチャンネルを用いて、受信の質によって違うが、2 から 6 のデジタル番組を同時に送信することができる。

ONIR の予防的規制

高感度使用の場所においては、放送用送信施設は、ONIR で規定されている装置基準値を、遵守することが要求されている。同じ柱についているか、あるいは互いに近接しているすべてのアンテナは、ひとつの装置を構成しているとみなされる。

装置基準値は最大出力において遵守されねばならない。基準値は以下のとおり。

ー中波送信機においては 8.5 ボルト／メートル

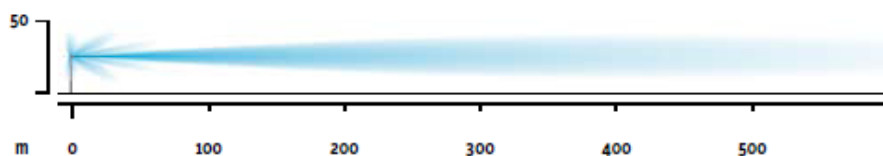
ーその他すべての装置においては 3.0 ボルト／メートル

大部分の放送用送信機は住宅地の外部に位置しているので、通常は装置基準値は困難なく遵守される。例外となるのは、送信機付近に位置する、山地の食堂やケーブルカー・鉄道の駅ぐらいである。そこでは基準値が超過されることもありうる。携帯電話基地局が装置基準値の遵守を義務づけられているのに対して、ある種の状況下では、放送用送信機が基準値を超過することを、当局が許可することもある。

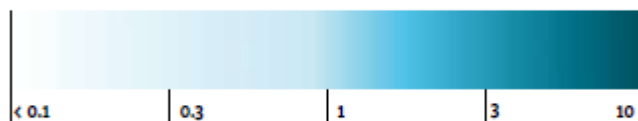


チューリッヒ市では郊外ユートリベルクの放送塔を利用している。放送用送信機の多くは丘陵や山間に位置しているので、住宅地が強力な放射に曝露するのは稀である。

2 点間マイクロ波通信網



2 点間マイクロ波通信網による放射の図解。色の意味は下の色物差しで示される。



▶ 電場強度の尺度（単位ボルト毎メートル）



グリソنز州ヤコブスホルンにあるこれらの方向アンテナは、携帯電話基地局と比較的短距離を統括する切り替えセンターとを連絡している。

スイスにおける2点間マイクロ波通信網

スイスには全国的な2点間マイクロ波通信網があり、その送受信アンテナ間の典型的な距離は50から70キロメートルである。その距離は4から13ギガヘルツの周波数で連絡されている。必要とされる放物線アンテナは、数メートル以下の直径を持ち、通常は丘陵など、戸外の場所にある高い塔に設置されている。

全国的な通信網に加えて、より短い距離をむすぶ2点間マイクロ波通信網も、ますます多く使用されるようになってきている。これは携帯電話基地局と、切り替えセンターとを連絡するのにも用いられる。数百メートルから数キロメートルの短距離を結ぶのには、18から38ギガヘルツの周波数が使用される。放物線アンテナの直径も数十センチメートルと、距離に応じてより小さくなる。

強く焦点づけられた放射

放物線アンテナは放射を集中して、送信局と受信局の間であまり広がらず、直線的に伝播するようにする。この性質のおかげで2点間送信機は、放送用送信機に比べて非常に低い出力で作動することができる。比較的に長い距離でも、周波数につき数百ミリワットしか要求されないし、距離が短くなれば、10から100ミリワットで済む。一般に、2点間マイクロ波装置は脈動信号を送信せず、むしろ出力が一定で連続した信号を送信する。

はじめに信号を狭くしぼっているとはいっても、受信アンテナに着くまでにはやはりい

くらかは広がる。つまり目標とされた放物線アンテナよりは相当に広い領域を、電波が覆ってしまう。ふたつの局が離れていればいるほど、より広い範囲が覆われることになる。

放物線アンテナは主要放射とは別に、側面ローブと呼ばれる、比較的に弱い多様な二次的放射を生成する。これは主要放射とは異なる角度からアンテナを出るので、アンテナの側面ないし下部の地面にも到達しうる。全国通信網に使用されている高出力アンテナの付近で行われた計測によると、周辺の放射水準は 0.03 から 0.15 ボルト／メートルであった。2 点間送信アンテナの近辺で曝露が計測されたとすれば、それは側面ローブのせいかもしれない。

2 点間マイクロ波送信機の基準値

固定した 2 点間送信装置は ONIR の適用を受ける。それらは曝露限界地を遵守しなければならないが、通常はそれは困難ではない。唯一例外になりそうなのは、誰かがアンテナの近くの、主要放射の中に立っているという状況である。そのような場合、人体が信号を相当に減衰させたり、遮蔽したりさえするかもしれないので、この状態は運用面から見ても望ましくない。そこで 2 点間マイクロ波通信アンテナは、高いところに置かれるか、あるいは必要なら、誰も通信を遮らないように柵で囲われたりしている。そういうことは曝露基準値が遵守されるよう保証するのにも有用である。ONIR は 2 点間送信装置には装置基準値を制定していない。

◆2 点間マイクロ波通信網

2 点間マイクロ波通信網は、直接の視覚的接触がある 2 点間の、電話通話、データおよびラジオ・テレビ番組の無線送信に利用される。これはケーブル通信網を通じてデータ送信を支援・補完する。入り組んだ地形にあっては、これの運用は、ケーブルを使うよりも容易かつ経済的である。2 点間マイクロ波体系は送信と受信の 2 個の放物線アンテナからなる。

アマチュア無線

アマチュア無線使用者はスイスには約 5000 人おり、世界では 100 万人をこえる。必要な装置は個人の住居に設置されることが多いが、無線機を自動車・船舶・航空機のなかで作動させることも可能である。アマチュア無線においては、長波からマイクロ波にいたる広範囲の周波数が利用可能である。

必要なアンテナは屋根か、あるいはそのすぐ近くにしばしば設置される。この趣味では自作・実験的な性格が強いので、いろいろと違った工作が行われている。低周波数では固定導線アンテナが、中波では垂直空中アンテナや指向性アンテナが、通常使用されているのに対して、VHF とマイクロ波においては、指向性アンテナ・垂直空中アンテナおよび放

物線アンテナが一般的である。

携帯電話通信や放送とは対照的に、アマチュア無線システムは恒常的に使用されているわけではなく、よって実際に送信しているときにしか放射を出さないから、恒常的な放射を生成することもない。アマチュア無線免許があれば出力 1000 ワットまで許可されるが、実際にはほとんどの装置は 100 ワット以下の出力しかない。

アンテナはしばしば住宅地に位置しているので、それと他の住宅との間の距離は比較的に短い。この理由によりアマチュア無線装置は、その使用中には、そのすぐ付近での高周波放射の曝露の主要な原因になることがある。あらゆる固定的な装置は ONIR の規制対象であり、規定された基準値を遵守しなければならない。



アマチュア無線用空中アンテナは大変違った形態をとりうる。
これは屋根にとりつける方式の八木社の空中アンテナである。



アマチュア無線装置

アマチュア無線の周波数

周波数帯	スイスでアマチュア無線に使用される周波数
長波	135.7-137.8 キロヘルツ
中波	1.81-2 メガヘルツ
短波	3.5 から 29.7 メガヘルツの間の 数個の周波数帯
VHF	50-52 メガヘルツ、144-146 メガヘルツ
マイクロ波	430 メガヘルツから 250 ギガヘルツの間の 数個の周波数帯

アマチュア無線装置の基準値

アマチュア無線装置は、ONIR に制定された曝露基準値を遵守しなければならない。それは周波数によって違うが、28 から 87 ボルト毎メートルの間にある。しかし装置が年に 800 時間以上稼働していないかぎり、装置基準値は遵守される必要はない。この条件は趣味の使用者にはほとんどすべてあてはまる。だがもしこの規準を超過しているならば、装置は慎重な対応を要する場所に適用される装置基準値を遵守しなければならない。その基準値は、長波・中波送信機では 8.5 ボルト／メートル、それ以外の周波数帯では 3.0 ボルト／メートルである。州ないし自治体はその領域内のアマチュア無線への ONIR の適用に責任を持つ。

■家庭内にもさらに小型の送信機がある



コードレス電話、無線ヘッドホン、ベビーモニター、およびインターネットに無線接続できる WLAN 親機など、屋内で使用される無線機器もますます増えている。送信出力は比較的に低いことが多いものの、それらの機器は屋内の高周波数放射において大きな割合を占めることもある。曝露をできる限り低くするために、それらの機器は、寝室・居間・書斎・子ども部屋など、人々が長時間を過ごす場所から、適切な距離を保ちながら使用しなくてはならない。

建造物内の無線機器

高周波の放射源になるのは、携帯電話基地局や放送用送信機その他、屋外で使用される無線機器だけではない。無線ネットワーク（WLAN）・コードレス電話・ベビーモニターなど、ますます多くの種類の無線機器が屋内でも使用されている。そのような技術のなかには、移動通信体系と同程度の周波数を用いているものもあるし、より高い周波数を用いているものもある。それらは比較的に低い送信出力で運用されるが、使用されるのが室内であるので、住人に頻繁に占拠される場所に大変近いところに位置していることも少なくない。この種の技術の多くはパルス送信を採用しているがパルスの形態は相当に多様である。

コードレス電話

コードレス電話は、固定電話網に接続された親機と、1 個ないし複数のコードレス子機により構成される。今日の機器のほとんどは DECT 規格に依拠しており、1880 から 1900 メガヘルツの周波数帯で作動する。DECT とはデジタル増強コードレス電話通信のことである。

信号は周期 100 ヘルツで脈動する。単一波動の送信中の出力は 250 ミリワットであるが、平均送信出力は 10 ミリワットである。GSM 携帯電話では、受信状況が不良のとき、単一

波動を 1000 から 2000 ミリワットで送信し、平均出力は 125 から 250 ミリワットであるから、それより出力は低いことになる。しかしコードレス電話とは違い、携帯電話は送信出力を受信状態に応じて調整することができ、理想的な状況では出力は 1000 分の 1 にも減ることがある。

DECT 親機からの送信出力も、波動に対しては 250 ミリワットであり、接続している子機に対する平均送信出力も 10 ワットである。市販されている DECT 親機には、子機を 6 個まで付けることができる。

子機が通話中にのみ送信するのに対して、DECT 親機は、通話がなされていないときでさえも、絶えず送信している（その場合の平均出力は 2.5 ミリワットである。）。曝露を最小化するためには、ベッド・椅子・机など人々が長時間を過ごす場所から、親機はできるだけ遠ざけておかなければならない。

DECT 電話に代わるものとして、CT1 プラス規格に依拠したコードレス電話も市販されている。そういう電話では、親機は通話中にしか送信せず、信号はパルス信号ではない。しかしこの種の電話で使用されている周波数帯は、2005 年末に携帯電話に割り当てられることになっている。つまり状況が悪ければ混信を避けることができなくなる。携帯電話と混信しうる CT1 プラス電話は、廃止されなければならない。

コードレス電話の技術データ

	DECT 親機	DECT 子機	CT1+親機	CT1+子機
周波数	1880-1900MHz	1880-1900MHz	930-932MHz	885-887MHz
脈動	100Hz	100Hz	なし	なし
最大送信出力	250mW	250mW	10mW	10mW
通話中				
平均送信出力	10mW (子機あたり)	10mW	10mW	10mW
通話外				
平均送信出力	2.5mW (子機あたり)	0mW	0mW	0mW
送信状態	永久的に 送信	通話中のみ 送信	通話中のみ 送信	通話中のみ 送信
送信範囲	屋内約 50 メートル : 屋外約 30 メートル			

DECT 親機からの曝露計算結果（連邦通信局による）

DECT 親機からの距離	時間平均電場強度の計算結果
0.5 メートル	0.7－4.9 ボルト/メートル
1.5 メートル	0.2－1.6 ボルト/メートル
3 メートル	0.1－0.8 ボルト/メートル
7 メートル	0.05－0.4 ボルト/メートル



通常の有線電話とはことなり、DECT コードレス電話とその親機はパルス放射を生成する。

無線ネットワーク－WLAN

WLAN は局所的無線ネットワークを意味する。この技術は、被覆電線なしに、複数のコンピュータを接続するのに使用される。この技術ではまた、プリンター・スキャナー・プロジェクターなどの周辺機器に、データを転送することができる。建造物内や公的地帯内で接続をしたり、インターネットや社内ネットに無線接続できるようにしたり、することもできる。

ホットスポット：公的地帯内での WLAN 使用の例としては、鉄道駅・空港・食堂・大学など、多くの人々が訪れる場所からの、無線でのブロードバンド・インターネット接続があげられる。そのような場所では、卓上機が無線カードを通じて送受信局に連絡され、サーバーからインターネットに接続されている。そういう WLAN 基地局はアクセスポイントと呼ばれる。インターネット接続に対する料金は、場所によって、徴収したりしなかったりする。

家庭と職場での WLAN：無線インターネット接続は家庭でもできる。そこでは WLAN 基地局は、電話線やテレビケーブルを通じて連絡される。会社ではコンピュータや周辺機器が、アクセスポイントを通じて、インターネットや社内ネットに接続されている。

アクセスポイントを通じて運営される WLAN 装置はインフラ・ネットワークと呼ばれている。アクセスポイントがないときには、末端機器を直接に連絡して、一時的なネットワ

ークを形成することもできる。

送信出力

スイスでは WLAN 機器は、当該規格に応じて、2.4 あるいは 5.2 から 5.7 ギガヘルツの周波数帯で運用されている。

アクセスポイントはデータ送信中にだけでなく、待機中にも送信をする。待機中の管理信号は 10 から 100 ヘルツでパルス送信している。データ送信中にはアクセスポイントとコンピュータ通信カードの両方が信号を送信するが、その脈動周波数は 250 ヘルツ以下でよりたかく、無線接続の質や関連基地局の数によって異なる。

WLAN の最大送信出力は 100 ミリワット、200 ミリワットないしは 1 ワットで、しばしば DECT 基地局あるいは電話のそれよりも高い。WLAN のコンピュータ無線カードは通常は使用者に近接して使用されるので、それによる放射曝露は通例、WLAN 基地局（アクセスポイント）によるそれよりも高い。

WLAN：技術的データ

規格	IEEE802.11b	IEEE802.11h
周波数	2.4-2.4835 ギガヘルツ	5.15-5.35 ギガヘルツ 5.47-5.725 ギガヘルツ
最大送信出力	100 ミリワット	200 ミリワット・1 ワット (出力調整が必要)
待機中の脈動	10-100 ヘルツ	10-100 ヘルツ
データ送信中の脈動	10-250 ヘルツ	10-250 ヘルツ
到達範囲	屋内 30 メートル以下 屋外 300 メートル以下	屋内 30 メートル以下 屋外 300 メートル以下

WLAN：曝露計測結果

公的な場所のアクセスポイント（100 ミリワット／200 ミリワット）

アクセスポイントへの距離	計測された最大電場強度
1 メートル	0.7－3 ボルト/メートル
2 メートル	0.4－1.5 ボルト/メートル
5 メートル	0.1－0.7 ボルト/メートル
10 メートル	0.05－0.4 ボルト/メートル

家庭内のアクセスポイント（100 ミリワット／200 ミリワット）

アクセスポイントへの距離	計測された最大電場強度
1 メートル	0.7－1.3 ボルト/メートル
5 メートル	0.1－0.3 ボルト/メートル

コンピュータの WLAN 無線カード（100 ミリワット／200 ミリワット）

アクセスポイントへの距離	計測された最大電場強度
50 センチメートル	1.1－4.9 ボルト/メートル
1 メートル	0.7－2.8 ボルト/メートル



公衆に使用可能な固定 WLAN 装置は、ONIR に制定された曝露限界地を遵守しなければならない。送信出力が小さいので、これはすでに守られているのが普通である。携帯電話基地局とは対照的に、ONIR は WLAN に対しては、予防的な基準値をなんら設けていない。

ブルートゥース

ブルートゥースは、たとえばコンピュータと印刷機の間など、より短距離に使用される無線データ通信の規格である。これは、到達範囲がより短いことと、ことなる転送規約を用いていることで、WLAN とは違っている。データ転送のためにブルートゥースは、2.4 ギガヘルツ周辺の 74 個のことなる周波数チャンネルを使用している。周波数は 1 秒間に 1600 回変更されているので、脈動の周波数は 1600 ヘルツである。

ブルートゥースには、最大送信出力が 1 ミリワット、2.5 ミリワットおよび 100 ミリワットの 3 種類のものがあり、その出力は DECT や WLAN よりもひくい。



ブルートゥース機器は比較的に低出力で使用されるが、そのために曝露もまた低水準である。

ブルートゥース：技術的データ

周波数	送信出力	脈動周波数	到達範囲
2.4-2.4835GHz	1mW	1600Hz	約 10m
2.4-2.4835GHz	2.5mW	1600Hz	約 15m
2.4-2.4835GHz	100mW	1600Hz	約 100m

ブルートゥース：曝露計算結果

送信出力 (出力調整が必要)	距離 50 センチメートル での最大電場強度	距離 1 メートル での最大電場強度
1 ミリワット	約 0.4 ボルト/メートル	約 0.2 ボルト/メートル
2.5 ミリワット	約 0.6 ボルト/メートル	約 0.3 ボルト/メートル
100 ミリワット	約 3.5 ボルト/メートル	約 2 ボルト/メートル

ベビーモニター

ベビーモニターは音響を使用して乳幼児を監視する機器である。送信機がマイクを通じて音を拾い上げ、受信機へと送信された音がスピーカーで再生される。送信機と受信機は、専用ケーブル・家庭用送電網・無線のいずれでも接続されうる。無線ベビーモニターは 27.8 もしくは 40.7 メガヘルツで運用される。恒常的に作動し、したがって放射を出し続けるものもあるが、音が発せられたときにだけ放射するものもある。適切な機器を選択することにより、電磁スモッグ曝露は減少させられうる。

ー送電網を通じて音を伝達するベビーモニターは、電磁スモッグを多量に生成することはない。

ー無線モニターのなかでは、音がしたときにのみ送信するものが、放射曝露が最も低い。

ー機器の種類にかかわらず、無線モニターは、最低 1.5 から 2 メートルは、乳幼児から離すべきである。

無線ベビーモニターの技術的データ

周波数	送信出力	到達範囲
27.8 メガヘルツ	100 ミリワット	約 400 メートル
40.7 メガヘルツ	10 ミリワット	約 400 メートル

