

ここで、

E_i は、周波数*i*での電界強度；

$E_{L,i}$ は、周波数*i*での電界強度のアクション値；

H_j は、周波数*j*での磁界強度；

$H_{L,j}$ は、周波数*j*での磁界強度のアクション値；

a は、610 V/m；

b は、24.4 A/m (30.7 μ T)。

D.2.1.2 時間領域評価法

一般的に、あらゆる種類の信号（広帯域、非正弦波など）に対して、“重み付きフィルタ”を組み入れた測定システム（時間領域評価法）が適用可能である。測定は時間領域で行われるが、測定された信号は周波数領域で重み付けされる。信号の時間測定値さえ使えれば、この手法には計算機処理が応用可能である。

ICNIRPガイドライン[1] および ICNIRPステートメント[2] では、特殊なパルス波複合曝露状況に対して上記のようなアプローチを提案している。

この時間領域アプローチは、広帯域電磁界の重み付きピーク値の制約に基づいている。重み関数は周波数の関数であるアクション値から導かれている。重み付きピーク値の制約は、高調波成分の相互位相がほとんど変動しない、周期性非正弦波波形に適用できる。もし相互位相が大きく変動する場合は、測定時間を十分に長くとり、妥当な確率で最悪のピーク値が検出されるようにしなければならない。

与えられた曝露レベルとの比較のため、重み付けが時間領域でなされるように、重みフィルタは、曝露基準の周波数応答（関数*V*）と整合した周波数応答（伝達関数*W*）をもつようにすべきである。さらに詳細な情報はEN 50413およびEN 62311にみいだされる。

D.2.2 周波数範囲100 kHz - 300 GHz

この周波数範囲では、指令2004/40/ECの曝露制限は熱的影響の回避に基づいている。曝露限度値はSARと電力密度に基づいており、これらの量の総和は以下の方程式ようになる。

$$\sum_{i=100\text{kHz}}^{10\text{GHz}} \frac{SAR_i}{SAR_L} + \sum_{i>10\text{GHz}}^{300\text{GHz}} \frac{S_i}{S_L} \leq 1$$

ここで、

SAR_i は、周波数*i*での曝露によって生じるSAR；

SAR_L は、SARの曝露限度値；

S_i は、周波数*i*での電力密度；

S_L は、電力密度の曝露限度値。

上式のSARは、全身または局所のSARに対応している。組織10g当たりで平均化した個々の局所SARはそれぞれ総和されなければならない。全身SARは、全身SARで総和されなければならない。局所SARを全身SARと一緒に総和してはならない。異なる体積の組織内に生じる局所SARは総和してはならない。

曝露の電磁界強度とアクション値との比較は、電磁界強度の2乗でなされる：

$$\sum_{f=100\text{kHz}}^{1\text{MHz}} \left(\frac{E_f}{c} \right)^2 + \sum_{f>1\text{MHz}}^{300\text{GHz}} \left(\frac{E_f}{E_{L,f}} \right)^2 \leq 1$$

および、

$$\sum_{f=100\text{kHz}}^{1\text{MHz}} \left(\frac{H_f}{d} \right)^2 + \sum_{f>1\text{MHz}}^{300\text{GHz}} \left(\frac{H_f}{H_{L,f}} \right)^2 \leq 1$$

ここで、

E_i は、周波数*i*での電界強度；

$E_{L,i}$ は、指令2004/40/EC 表2 の電界強度のアクション値；

H_j は、周波数*j*での磁界強度；

$H_{L,j}$ は、指令2004/40/EC 表2 の磁界強度のアクション値；

c は、 $610/f$ V/m (f の単位はMHz)；

d は、 $1.6/f$ A/m (f の単位はMHz)。

四肢電流についての方程式は、以下のようである。

$$\sum_{k=10\text{MHz}}^{110\text{MHz}} \left(\frac{I_k}{I_{L,k}} \right)^2 \leq 1$$

ここで、

I_k は、周波数*k*での四肢電流成分；

$I_{L,k}$ は、四肢電流のアクション値、100 mA。

この熱的総和方式においては、スペクトル成分の相対的位相は無視できる。

D.2.3 周波数範囲1 Hz - 110 MHz における接触電流

周波数範囲1 Hz - 110 MHz における接触電流については、以下の要求が適用される。

$$\sum_{n=1\text{Hz}}^{110\text{MHz}} \frac{I_n}{I_{C,n}} \leq 1$$

ここで、

I_n は、周波数 n での接触電流成分；

$I_{C,n}$ は、周波数 n での接触電流のアクション値。

付属書E (資料)

複数の周波数への同時曝露：全曝露指数法

E.1 用語と定義

E.1.1 曝露指数 (EQ または EQ %)

使用しやすさを考えた、複数の発生源からの曝露の見做し寄与比率。ある周波数範囲にわたり、アクション値または曝露限度値に対する比率で表わされる。分数 (EQ) または百分率 (EQ % = EQ*100 %) として表記される。

E.1.2 全曝露指数 (TEQ または TEQ %)

ある特定の場所での曝露の原因となる機器からの、アクション値および曝露限度値に基づく曝露指数を含めた全ての曝露指数の総和の結果。分数 (TEQ) または百分率 (TEQ %) として表記される。

E.2 TEQ 法

E.2.1 解説

本法は、複数の発生源からの寄与を総計しようとする雇用者を手助けするための単純化されたアプローチである。

- 本法は、曝露状況の遵守証明にのみに使われ、遵守していないことの証明には使われない。1以上のTEQは、付属書Dで概説された手順または他の適切な評価手法を用いた詳細な調査の必要性を示唆する。
- 雇用者が個々の機器の評価を、異なる根拠 (アクション値、参考レベル、曝露限度値) に基づき、または異なる安全基準 (一般公衆曝露、職業的曝露) に沿って行った場合でも、TEQ法は、種々の機器からの寄与を粗く総計することを許容し、付属書Dで定義された方程式を使用することは避ける。
- TEQまたはEQの使用は強制的ではない。これらは、指令2004/40/ECの曝露限度値の遵守証明のための簡単なツールとして提供されるにすぎない (遵守していない場合は使えない)。雇用者は、他の適切な評価手法、例えばEN 50413またはEN 62311が提供する評価方法、付属書Dの方程式、その他などを使う選択肢もある。

TEQ法は、表1には挙げられていないが工場などの職場にある複数の固定EMF発生源からの曝

露を足し合わせることを意図している。このため、TEQの総和には表1の装置を含めない。

TEQ法の実施には、複雑さのレベルが異なるものがある。

- 全周波数範囲（0 Hz – 300 GHz）にわたってまとめたTEQを計算する。この場合、EMF電磁界の曝露についての異なる生理学的根拠は無視する。
- 低い周波数範囲（例えば、刺激作用が対象）と高い周波数範囲（例えば、熱的作用が対象）について、それぞれ個別EQを計算する。

単独TEQの長所は、異なる発生源からの寄与の結合を非常に単純に行うことであり、全ての曝露レベルがアクション値または曝露限度値より大幅に低い場合、指令要求の遵守を手早く証明することに利用できる。

個別の低周波EQおよび高周波EQを使うことの長所は、曝露状況のやや良好な近似を表現することである。

E.2.2 機器単体のEQ

E.2.2.1 機器単体のEQの求め方

EQまたは曝露レベル情報は、機器の供給者から直接に得られる。これは、機器の通常使用または操作指示書に示された使用を代表する特定の距離又は複数の距離において、規定されることが多い。設備のケーブルやその他の箇所の寄与も考慮すべきであり、それらについての個別EQも明確にすることが必要かもしれない。

一般的タイプの機器については、公に利用可能な情報もある。このような情報は、査読付き出版物のような一般的に認められている情報源から得られる。または国内または国際的当局から提供される。または雇用者が別途にその使用を正当と認める情報源からも得られる。これらの公開情報を確実に得よう注意すべきである。

問題の機器は労働者EMF曝露制限（指令2004/40/ECに規定される）を満足するという情報だけが得られた場合は、最悪条件を想定して、そのEQは1とする。同様に、問題の機器は欧州理事會勧告1999/519/ECで示された一般公衆のためのガイドラインを満足するという情報だけが入手可能である場合は、その機器は表1に含まれるであろうし、そのEQは0とする。

特定の機器単体のEQに関する情報が全く入手できない場合、そのEQは、その機器の放射レベル測定値から計算されなければならない。

E.2.2.2 放射レベルまたは曝露レベルの測定値からの機器単体EQの計算

機器単体EQは、以下の方程式から計算される。

$$EQ(f) = \sum_f \frac{F_f}{A_f}$$

$$EQ(j) = \sum_f \frac{J_f}{J_{L,f}} \quad 10\text{MHz以下の周波数に対して}$$

$$EQ(hf) = \sum_f \left(\left(\frac{F_f}{A_f} \right)^2 \text{ or } \left(\frac{S_f}{A_f} \right) \right) \quad 100\text{kHz 以上の周波数に対して}$$

$$EQ(th) = \sum_{f=100\text{kHz}}^{10\text{GHz}} \frac{SAR_f}{SAR_{L,f}} + \sum_{f=10\text{GHz}}^{300\text{GHz}} \frac{S_f}{S_{L,f}}$$

ここで、

- F_f は、放射周波数における電界強度または磁界強度；
- A_f は、その周波数における妥当なアクション値；
- J_f は、放射周波数における体内誘導電流密度；
- $J_{L,f}$ は、その周波数における妥当な電流密度曝露限度値；
- SAR_f は、放射周波数におけるSAR；
- $SAR_{L,f}$ は、その周波数における妥当なSAR曝露限度値；
- S_f は、放射周波数における電力密度；
- $S_{L,f}$ は、その周波数における妥当な電力密度曝露限度値；

$EQ(f)$ は、指令2004/40/ECのアクション値を基準とした低周波EQである。

$EQ(j)$ は、指令2004/40/ECの電力密度曝露限度値を基準とした低周波EQである。

$EQ(hf)$ は、指令2004/40/ECのアクション値を基準とした高周波EQである。

$EQ(th)$ は、指令2004/40/ECの熱的（SARおよび電力密度）曝露限度値を基準とした高周波EQである。

本方法論は本質的に控え目な見積もりであるので、ある周波数での測定値がその周波数での妥当な限度値の5%以下の場合、そのような周波数は含める必要がない。

E.2.3 複数機器のEQのTEQへの結合

E.2.3.1 TEQの単純な評価

最も単純な、すなわち最も控え目な方式としては、TEQによる評価は、曝露に寄与する機器の各アイテムについての個々のEQの足し算でなされる。この方程式を以下に示す。

$$TEQ = \sum_{n=1}^N EQ_n$$

ここで、

N は、機器の総アイテム数；

n は、機器の各アイテム；

EQ_n は、小数に変換された機器 n のEQ（各種評価法に基づいている）。

例題として、労働者が次の4つの機器に曝露されている状況を考えよう。各機器のEQは、25%、0.1、1/20、1/25とする。これらのEQを小数に変換し、計算すると、 $TEQ = 0.25 + 0.1 + 0.05 + 0.04 = 0.44$ となる。一方、百分率に変換し計算すると、 $TEQ\% = 25\% + 10\% + 5\% + 4\% = 44\%$ となるが、これは、 $TEQ = 44\% / 100\% = 0.44$ となり前述の通りである。

2番目の例題として、労働者が次の4つの機器に曝露されている状況を考えよう。各機器のEQは、0.6、0.3、0.2、0.1とする。この場合、TEQは1.2となる。

上記のようなTEQ評価の単純な方程式は非常に控え目な結果をもたらす。これは、単純な曝露状況の容易な評価を行うために提供されている。この方程式を用いてTEQが1以上となっても、曝露が限度値を上回ることを必ずしも意味しない。より複雑な評価を実行しなければならないことを意味するに過ぎない。

より実質的なTEQの決定方法を考えるならば、熱を根拠とする限度値をとる周波数の曝露と刺激を根拠とする限度値をとる周波数の曝露を一緒に足し算することは適切ではない。これらは別々に評価されるべきである。そうしても、結果はまだ控え目である。

雇用者が、より実質的な根拠に基づいてTEQを評価したいと思い、かつ可能であるならば、この方法が奨励される。単純な評価を最初に遂行すべしとの要求はない。

E.2.3.2 低周波（電氣的）影響の評価

これは、10MHzまでの周波数の曝露源に適用される。

$$TEQ(j) = \sum_{n=1}^N EQ(lf)_n + \sum_{m=1}^M EQ(j)_m$$

ここで、

- M は、電気的影響について評価される機器のアイテム数；
- N は、電磁界レベルについて評価される機器のアイテム数；
- $EQ(j)_m$ は、電気的影響に基づく機器 m のEQ（小数表示）；
- $EQ(lf)_n$ は、電磁界測定に基づく機器 n のEQ（小数表示）。

$TEQ(j)$ は1以下でなければならない。

同じ放射について $EQ(lf)$ および $EQ(j)$ の測定方法がある場合、同一機器について $EQ(lf)$ および $EQ(j)$ の両方を含めてはならない。

E.2.3.3 高周波(熱的またはSAR)影響の評価

これは、100kHz以上の周波数の曝露源に適用される。

$$TEQ(th) = \sum_{n=1}^N EQ(hf)^2_n + \sum_{m=1}^M EQ(th)_m$$

ここで、

- M は、熱的影響について評価される機器のアイテム数；
- N は、電磁界レベルについて評価される機器のアイテム数；
- $EQ(th)_m$ は、熱的影響に基づく機器 m のEQ（小数表示）；
- $EQ(hf)_n$ は、電磁界測定に基づく機器 n のEQ（小数表示）。

$TEQ(th)$ は1以下でなければならない。

同じ放射について $EQ(th)$ および $EQ(hf)$ の測定方法がある場合、同一機器について $EQ(th)$ および $EQ(hf)$ の両方を含めてはならない。

E.2.3.4 中間の周波数（100 kHz－10 MHz）の評価、あるいは測定評価の対象周波数が電気的影響と熱的影響の両方をカバーする場合、または周波数が不明の場合の評価

この場合、電気的影響と熱的影響の両方が存在する。前述した評価の両方がなされなければならない。電磁界測定についての個々の $EQ(f)$ は、以下の等式に基づき、両評価に含まれる。

$$EQ(f) = EQ(lf) = EQ(hf)$$

この等式は、この中間的周波数範囲でのみ適用される。

それぞれの評価の結果である $TEQ(j)$ と $TEQ(th)$ は独立であり、足し合わせる必要はない。しかし、それぞれが1以下でなければならない。

E.2.3.5 個別TEQ評価法を用いた複数曝露の例題

この例題では、労働者は4つの種類の異なる機器からのEMFに同時に曝露している。

機器Aは、低周波EMFのみを放射する産業機械であり、EQは0.4である。

したがって、 $EQ(j) = 0.4$ であり、 $EQ(th)$ はない。

機器Bは、高周波通信システムであり、SAR値から計算されたEQは0.35である。

したがって、 $EQ(th) = 0.35$ であり、 $EQ(j)$ はない。

機器Cは、高周波EMFのみを放射する小型モニタ用応答機であり、アクション値に基づくEQは0.1に相当する低レベルである。

したがって、 $EQ(hf) = 0.1$ である。

機器Dは、詳細と周波数情報は不明であるが、アクション値に基づくEQ%は25%であると公示されている。したがって、 $EQ(lf) = EQ(hf) = 0.25$ である。

$$TEQ(j) = 0.25 + 0.4 = 0.65$$

および、

$$TEQ(th) = 0.1^2 + 0.25^2 + 0.35 = 0.01 + 0.036 + 0.35 = 0.423$$

付属書F (資料)

交流電気供給

本付属書は、給電系統が曝露限度値を満たしているかどうかを評価する方法を提供する。職場内の電気配線設備をカバーし、また同様に、職場内またはその近くを通過する架空および地下の送電および配電設備をカバーする。本付属書の情報は、これらの設備の通常の操作および保守の両方に適用される。本付属書は、電気利用に関連する機器からの電磁界をカバーすることを意図しない。また、高電力発電機のような発電および供給に関連する全ての機器からの電磁界への曝露もカバーすることを意図しない。これらは、別の評価の対象である（第7章参照）。

F.1 遵守をチェックするために用いる電磁界の値

電界および磁界曝露の評価は、アクション値（第8章参照）か曝露限度値（第9章参照）と対比して行われる。加えて、間接的な影響に関する曝露評価も必要である（付属書AおよびF.5参照）。

用いるアクション値は、指令2004/40/ECの付属書の表2、または50Hzについては以下の表F.1で与えられる。

表F.1 50Hz電界および磁界のアクション値

| | 磁界 | 電界（無擾乱） |
|--------|-------------|---------|
| アクション値 | 500 μ T | 10 kV/m |

周波数範囲 1 Hz - 1000 Hz での曝露限度値は、中枢神経系内の誘導電流10 mA/m²である。曝露限度値に対比して曝露評価を行う場合、曝露限度値に相当する電磁界の評価が要求される。これについては、本付属書では扱われないが、Dimbylow（2005）が行ったような詳細な生体数値モデルを用いた数値計算ドシメトリを参照することや、EN 62226-2-1およびEN 62226-3-1を参照することによって行うことができる。曝露限度値に相当する電磁界はアクション値よりかなり大きいことが示されていることは注目される。例えば磁界について、Dimbylow（2005）は、曝露限度値に相当する磁界は均一磁界に比べて少なくとも3.6倍大きい（最も厄介な磁界の向きにおいて）こと、および不均一磁界など他の曝露条件ではさらに高くなることを示している。

本付属書は、アクション値の遵守を証明するための詳細のみ述べる。ほぼ全ての職場について、これで十分である。

アクション値を超えるような曝露状況は稀であるが、電気供給所内部など高電流または高電圧機器が運転されている職場内の限定された区域に起こる可能性がある。そのような職場に対する曝露評価は本付属書の範囲を超える。代りとして、第7章を参照のこと。

本付属書で与えられる値は、全ヨーロッパで電気供給システムに利用されている周波数である50Hzでの値である。異なる周波数 f で運転されているAC電力システムについては、与えられた電磁界の値に $50/f$ を掛けること。また、システムの周波数が8 Hz - 820 Hzの範囲外にある場合は、参考文献を参照のこと。

50Hzの電界および磁界の波形は必ずしも完全な正弦波ではないが、曝露に影響を及ぼす可能性のある高調波成分を含む場合がある。この詳細については付属書Dを参照のこと。

F.2 磁界発生源

職場には多くの電力周波数磁界発生源がある。多い。しかし、アクション値、または曝露限度値に相当する磁界のどちらかをを超えるほどに大きな磁界に対するには、非常な大電流通電中の導線に非常に接近しなければならない。

F.2.1 単導線中の電流

職員が、高電流通電中の導線から、与えられた最小距離よりも大きな距離を常にとっていることを示すことによって、曝露制限の遵守は証明できる。単導線中の電流 I [A] に対し、磁界の大きさ B [μ T] は、電流に比例し、導線中心までの距離 D [m] に反比例する（アンペアの法則）

$$B = 0.2 I / D \text{ } [\mu\text{T}]$$

したがって、最小距離 D_{\min} は、電流および使用した曝露制限である磁界 B_{\min} の関数である。

$$D_{\min} = 0.2 I / B_{\min}$$

これは、人が導線の長さに比べて導線に近い位置にいる場合に有効である。（それより大きな距離では、磁界が過剰に見積もられ、最小距離が過剰に見積もられるため、控え目となる。）

表F.2 は、アクション値の遵守を証明するために必要な、電流（100 A と2 500 Aの間）を通して導線中心までの最小距離を示している。

500 Aの電流は、体表と導線中心との距離0.2mにおいて、アクション値に相当する磁界を発生する。導線に近くなれば、磁界の不均一（EN 62226-1参照）、電流を運ぶために必要な導線の直径、均一磁界に対する体内誘導電流密度の数値計算（Dimbylow, 2005）を考慮の結果、500 Aまでの電流に対しては、生体と導線がいかに接近しようとも曝露制限は常に満たされている

という帰結になる。

表F.2 絶縁導線中心との最小接近距離 [m] (アクション値のみに基づく)

| 導線内電流 [A] | アクション値に対応した距離 [m] |
|--------------|----------------------|
| 100 | 0.04 |
| 200 | 0.08 |
| 500 | 0.20 |
| 1000 | 0.40 |
| 1500 | 0.60 |
| 2000 | 0.80 |
| 2500 | 1.00 |

したがって、500 Aまでの電流通電中の全ての導線に関連する曝露は、導線からの距離がいかに小さくても、どのような距離にても曝露制限を満たす。異なる位相の電流を通電中の導線が束ねられている場合、導線の束での正味電流が用いられるが、一般的に、正味電流は個々の電流のうち最大のものより大幅に低くなる。

500A以上の電流を通しての独立した導線がある場合は、体表と導線中心との分離は維持されなければならない。維持すべき分離距離は、上記の式で与えられ、かつ表F.2に示されているが、最大電流のみに依る。この距離はアクション値を考慮して得られた。多くの状況では、当を得た物理的制限である高圧ケーブルでの導線絶縁被覆などが既に施されている。磁界の不均一の考慮および数値計算ドシメトリに基づけば、上記の式や表F.2で与えられる値より小さな最小分離でも正当であるかも知れない。しかし、それは本付属書の範囲外である。

F.2.2 回線電流

ソースから送り先へと電流を運ぶ導線とそれを戻す導線とを電気回線と呼ぶ。電気回線は常に2本またはそれ以上の導線を用いる。

理想的な単相の電気回線は、向きの反対な等しい電流を運ぶ2本の導線である。2つの電流は等しく反対向きであり、かつ互いに接近しているので、磁界は大部分相殺される。どの程度相殺されるかは、どの程度接近しているかに依る。2本の導線の電流を I [A]、2本の距離を S [m] (ここで、 $S \ll D$) とすると、磁界は以下ようになる。

$$B = (0.2 I / D) \times (S / D) \text{ } [\mu\text{T}]$$

同様に、理想的な3相の電気回線は、位相が約120°離れた3つの電流からなる。これら3つの電流は平衡しており、合計がゼロになるか、または4番目の導線(ニュートラル)を加えて、4

つの電流の合計がゼロになる。どちらの場合も、導線同士が近ければ、磁界は大部分相殺される。

現実の状況では、電流は厳密には平衡ではなく、また回線内の導線も相互に接近していないこともある。

電流の不均衡は、ニュートラルが一か所以上で接地されている場合や特定の負荷へ供給するいくつかの並列回線がある場合などのように、代替的な電流のリターンパスがある場合に生じる。

一つの回線の複数の導線は、普通は同じケーブル内に束ねられている。このような状況では、ケーブルに非常に近くても、非常に小さな磁界しか発生しない。個々の導線同士が近くない状況には架空線があり、回線の電圧につれて導線間の距離は大きくなる。

各相電流および/またはニュートラルが異なるルートを流れるような特異な状況もある。これは、変圧器および/または配電スイッチ機器がある変電所内部でのみ起きる可能性が高い。

上述の情報が適用されるのは、F.2.3で述べられる電気回線からの曝露評価方法を用いる時である。これらは非常に控え目な見積もりであり、実際に起こるほとんどの状況をカバーする。

F.2.3 磁界曝露評価

ここでは、3つのタイプの磁界発生源からの曝露評価の方法論について考察し、適用に関するチェックリストをF.2.4に示す。3つのタイプは、絶縁導線、被覆なし導線、およびその他の発生源である。

F.2.3.1 絶縁導線

絶縁導線に対する最も簡単な評価は、回線の電流定格を使い、表F.2を用いて最小距離を評価することである。電流定格は、回線保護のためのヒューズまたはブレーカの定常定格から見出される。これは、回線内のたった1つの導線の電流が発生する磁界を考えており、この磁界がその他の導線の電流による磁界によりほぼ完全に相殺されることを勘定に入れていないため、大変控え目なアプローチである。

単導線に関するF.2.1の情報によれば、500A（相電流当たり）以下の定格の回線は全て、それ以上の検討の必要なく、アクション値を満たしているとみなすことができることになる。回線の大半はこのカテゴリーに余裕を持って入る。

この評価は、回線内の導線が束ねられているか、または異なるルートをとるかどうかについての検討を要求しない。また、このアプローチは非常に控え目なので、近くで稼働中の複数の回線に対して、追加的な対応をする必要はない。

同様に、職場の給電取り入れ口の定格が500A以下の職場は全て、アクション値を満たす。1つ以上の取り入れ口がある場合、それぞれは別個に検討される。職場内におかれた減圧用変圧器から給電されている場合、変圧器の低電圧側の各回線は別個に検討される。

例外的に、500A以上の定格の回線で、かつ導線間の分離が小さい場合、ケーブル内の可能性ある正味電流の最大値の評価がなされ、その値が500Aと比較される。

500A以上の定格の回線で、かつ導線間のスペースが人との距離に比べて大きい場合、各導線への接近の最小距離を、導線ごとに導線の定格相電流について評価する。

F.2.3.2 架空の被覆なし導線

架空の被覆なし導線に対しては、物体や人への表面放電を防ぐための最小安全空間が規定されている（EN 50423-1およびEN 50341）。これらの距離は、表F.2から導かれる最小距離より全て大きいので、被覆なし導線からなる架空回線は、それ以上の検討の必要はなく、磁界曝露制限を満たす。

F.2.3.3 その他の磁界発生源

ある種の機器は、その表面ではアクション値より大きな磁界を発生する可能性があるが、表面から0.2mまたはそれ以上の距離では、その磁界はアクション値を超えることはほとんどない。超える可能性がある機器は、計算または測定により機器周辺の磁界の値を確認し、その値をアクション値と比較するなどの詳細な調査を行うことを条件とする必要がある

この詳細な調査を要求する機器は、空芯変圧器、空芯リアクトル（電力システムの電圧制御に使われる）、および高電力発電機のコイル端など、多重に密接して巻かれたコイルを流れる高電流（数百アンペア）がある機器である。

対照的に、一般的な鉄芯をもつ装置は外部漏れ磁界が低くなるように設計されている。モーターや変圧器に関連する磁界は、特にそれらが強磁性または導電性の筐体で封じられている場合、通常ではアクション値を超えるような大きさにはならない。

しかし、鉄芯または空芯のどちらであれ、定格電流が高い場合、発電機、モーター、変圧器との結合部における電流を、相電流およびニュートラルのコイル端において調べる必要がある。

特定の機器周辺の、労働者が立ち入る場所の磁界がアクション値を下回るかどうか疑問がある場合、詳しい調査が必要である。

F.2.4 磁界の遵守評価のためのチェックリスト

以下のような磁界曝露は、磁界のアクション値を満たしている。このリストは、第8章の磁界曝露評価に関して用いられる。

- 電圧または電流の定格に関係なく、全ての架空の被覆なし導線；
- 500A以下の定格相電流である職場の全ての電気設備；
- 500A以下の定格相電流である設備の内部にある全ての回線；
- 労働者が立ち入る場所との距離に比べて導線間のスペースが小さく、かつ正味電流が500A以下の全ての回線；
- 導線中心と労働者が立ち入る場所との最小距離が、表F.2に示すアクション値に関する距離より小さい場合の、定格500A以上の全ての導線（注：原文のまま翻訳）；
- スチール筐体に入った、全ての鉄芯変圧器、モーター、発電機または電気駆動システム、ただし、これら機器への結合部および高電力発電機のコイル端は除外され、これらは別の評価が必要である（上記の通り）；
- 以下に挙げる例外を除いた、上記の回線に関連する、電流開閉装置および全ての回線コンポーネント。

磁界のアクション値を超える可能性があり、詳細な評価が要求される状況には、以下のものがある。

- 金属製筐体なしの高電力変圧器
- 高電流空芯リアクトル
- 高電力発電機のコイル端の近傍

これらの機器についての曝露評価は本付属書の範囲外である。

F.3 電界発生源

地下埋設あるいは約1kV以上の電圧の絶縁ケーブルは、導電性でかつ電界を遮蔽する保護被覆（シース）が施されている。したがって、このようなケーブルに関連した外部電界はない。

動作電圧230Vの、建物内の電力および照明の回線はシールド無しが許可されているので、この場合、それらの周囲に局所的な電界が発生する。これらの電界は、EUの一般公衆に対するEMF曝露に関する勧告を満たしており、したがって職業的曝露制限も満たしている。

シールド無しの母線および導線は電界を発生し、その電界は、動作電圧および導線間の分離に伴って増加する。250kVまでの動作電圧の架空送電線または200kVまでの動作電圧の母線は、地面レベルで、アクション値を超えるほど大きな電界は発生しない。

電気開閉所内などのように、職場の位置の直上（そこは一般公衆が立ち入ることはできない）に、上記の値より高い動作電圧の架空送電線または母線がある場合、アクション値を超える電

界が存在する可能性がある。この可能性については、例えば高電圧機器の操作者に当てはめでの調査などがさらになされるべきである。

F.3.1 電界の遵守評価のためのチェックリスト

以下のような電界曝露は、無擾乱電界のアクション値を満たしている。このリストは、第8章の電界曝露評価に関して用いられる。

- 230/400 V の全ての電線とそれに関連するコンポーネント；
- 動作電圧に関係なく、導電性シースを施した全てのケーブル（導電性シースは、1kV以上で用いられる絶縁ケーブルに通常施されている）；
- 地面レベルで評価した、定格250kVまでの全ての架空送電線または動作電圧200kVまでの全ての母線。

電界のアクション値を超える可能性があり、詳細な評価が要求される状況には、以下のものがある。

- 職場内または職場上空に架かる全ての、定格200 kV以上の被覆なし架空導線または250 kV以上の架空送電線は、状況により、アクション値を超える電界を発生する可能性がある。

これらの曝露評価は本付属書の範囲外である。

F.4 公衆曝露制限を用いた曝露評価

本規格の表1は、労働者曝露に関する指令のみならず、EMFへの公衆曝露に関するEC勧告（1999/519/EC）の勧告を下回る値をも遵守している機器のリストである。

アクション値および曝露限度値の代わりに、勧告は参考レベル（磁界および電界）および基本制限（誘導電流密度）を規定している。公衆曝露に対する基本制限は、労働者曝露に対する曝露制限の5分の1である。

表F.3 は、公衆曝露に関するEC勧告に沿った曝露評価を行う際に用いる、電界および磁界の参考レベルを示す。

表F.3 50Hzの電界および磁界の参考レベル

| | 磁界 | 電界（無擾乱） |
|-------|-------------|---------|
| 参考レベル | 100 μ T | 5 kV/m |

したがって、表1の目的にとって妥当な電界、磁界の値は、表F.1ではなく、表F.3で与えられる。

F.4.1 公衆曝露制限を用いた遵守評価のための簡単なチェックリスト

表1の内容は、F.2.4（磁界に関して）およびF.3.1（電界に関して）の情報に基づいているが、電界、磁界の値は表F.3を用いたものであることを付言する（表1の備考欄参照）。

職場の給電網、および職場の内部あるいは上を通過する電気配線と送電回線は：

以下の場合、磁界曝露に関して遵守である。

- 100 Aまたはそれ以下の定格の単相電流の全ての電気設備；
- ある設備内の、100 Aまたはそれ以下の定格の単相電流の全ての個別回線；
- 導線が相互に近接し、正味電流量が100 Aまたはそれ以下の全ての回線；
- 上記のクライテリアを満足する回路網内の全ての構成要素はカバーされる（電線、電流開閉器、変圧器などを含む）；
- 電圧・電流の定格に関係なく、全ての架空の被覆なし導線。

以下の場合、電界曝露に関して遵守である。

- 電圧の定格に関係なく、地下埋設または絶縁されたケーブル回線；
- 職場上空に架かる全ての、定格100 kV までの架空の被覆なし回線。

F.5 労働者への電力周波数電磁界の間接的影響

付属書Aで説明されたように、曝露評価に際しては、電界・磁界と生体との相互作用による直接的影響のみならず、電磁界が生体に与える間接的影響、特に接触電流をも考慮する必要がある。電界・磁界により、人体や物体内部には電流や電位差が誘導され、人がその物体に触った時、接触電流が流れる。これは、電界・磁界により内部に、接触電流を生じるような電流や電位差が誘導されている導電性物体に人が来て触った時や、生体が受けた電界・磁界の影響が原因となって、その人が異なる電位の物体に接触した時に生じる。

接触電流の一つの原因は、電気の供給・利用に関連した電界・磁界である。電界が存在し、かつ人が接触しうる非接地の物体が存在する時、接触電流は最もよく起こる。

接触電流量は、電界の大きさと周波数および物体の大きさに伴って増加する。電界アクション値は、電界の直接的および間接的影響の両者を防護するよう設計されている。このことは、アクション値より小さい電界では、接触電流アクション値を超える可能性はないことを意味する。それでも、電界が存在する場合は必ず、労働者が来て触る可能性のある導電性物体は適切に接地することを確認するよう注意が必要である。電界が、直接的影響のアクション値を超えるが、曝露限度値を下回る場合は（第9章の曝露評価にあるように）、導電性物体の適切な接地を確

認することは重要である。全てを網羅しないが、考慮すべき導電性物体の例を挙げると、工具、機器、フェンス、はしご、足場、備蓄タンク、車両である。

磁界発生源のある場所に大きなループ状導線がある場合、磁界により接触電流が誘導される。これは一般的ではない。しかし、操業休止中の電気回線の保守が行われ、その回線が送電中の他の回線と平行な場合、または非接地のフェンスが電気回線と平行な場合に起こる可能性がある。

F.6 参考文献

Dimbylow P.J., 2005, *Development of the female voxel phantom, NAOMI and its application to calculations of induced current densities and electric fields from applied low frequency magnetic and electric fields*, Phys Med Biol, Vol 50, pp 1047-1070, 2005

89/391/EEC, *Council Directive 89/391/EEC of 12th June 1989 on the introduction of measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work*

1999/519/EC, *Council recommendation of 12th July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)*

2004/40/EC, *Directive of the European Parliament and of the Council of 29th April 2004 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (18th individual directive within the meaning of Article 16 (1) of Directive 89/391/EEC)*

EN 50341-1, *Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV - Part 1: General requirements – Common specifications*

EN 50423-1, *Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV up to and including AC 45 kV - Part 1: General requirements - Common specifications*

付属書G (資料)

ゾーン化

G.1 序論

本付属書は、職場内の種々の区域を明確化するために、雇用者が使えたら良いと思う簡単な管理手順について述べる。

これは、種々の曝露レベルを超える場所毎に正確に対応した、厳格な、あるいは“モノによる”境界を意図するものではない。そうではなく、職場の実態的区域などに対応するものである。例えば、特定の建物や区域の大半は公衆曝露レベルを超えないものの、その中に公衆曝露レベルを超える曝露を発生させる機器が置かれているとする。便宜的理由により、雇用者は、その建物・区域全体へ立ち入る人を制限する（一般人訪問者を除外するなど）、あるいは立ち入りを、発生しうるEMFレベルの情報に関係づけて考えることを選択する。

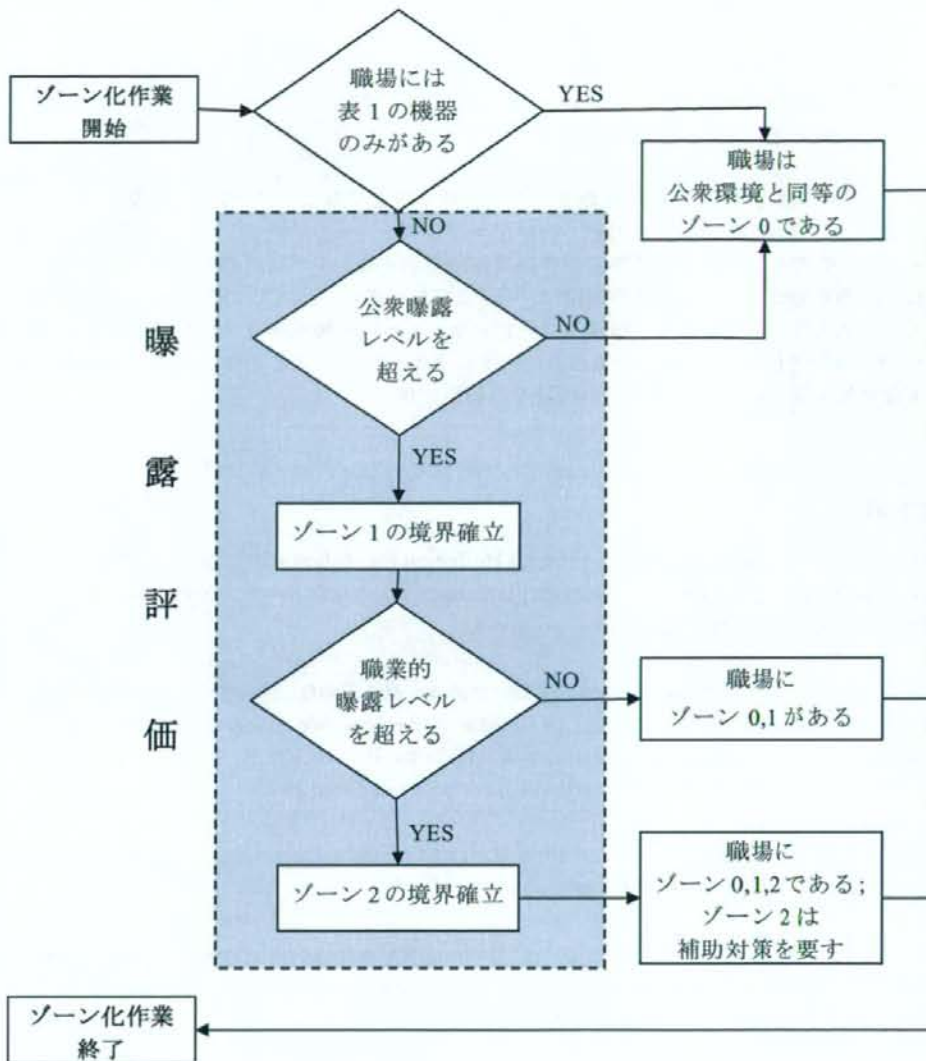
種々のゾーン（G.2に記す）が定義されるが、正確なゾーンを決定するか否か、または何処にするかは、個々の雇用者の問題である。また、ゾーンの境界でどのような対策（もしあれば）をとるかも雇用者の問題である。

G.2 職場の各ゾーン

- ゾーン0では、職場内曝露レベルが公衆曝露の国内限度値にしたがっているか、または職場内の全ての機器が表1に含まれている。
- ゾーン1では、職場内曝露レベルが公衆曝露の国内限度値を超えるが、職業的曝露制限は満たしている。
- ゾーン2では、職場内曝露レベルが職業的曝露制限を超える。ゾーン2へ立ち入り可能になっている場合は、曝露低減または立ち入り制限のための補助対策を講じる必要がある。

G.3 ゾーン化の実施

図G1に、雇用者が実施するゾーン化のプロセスを図示する。これは、第8,9章で述べられた、全体の曝露評価手順と平行し、密接に関連する。ゾーン内の曝露は通常の作業条件下で測定される。



図G.1 ゾーン化プロセス

ゾーン化の原則に関する詳細は、ETSI/TR 101 870に見いだされる。