



## スイス連邦内務省公衆衛生局(FOPH) EMF ファクトシート

原文: <https://www.bag.admin.ch/bag/en/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall/elektromagnetische-felder-emf-uv-laser-licht/emf.html>

### 電磁調理器

電磁調理器は、調理が速く行え、エネルギーを節約できる。その利点のため、商業用調理室ではこれまで長い間使われてきたが、一般家庭の台所でもますます普及しつつある。



電磁調理器では、中間周波数磁界が食物の調理に必要な熱エネルギーを発生する。このような磁界は鍋の底を貫通し、その時、鍋底に電流を発生させ、その電流が鍋と鍋の中身を加熱する。磁界の一部は鍋に吸収されないため、調理器に極めて近い周辺にはより強い磁界ができることになる。

電磁調理器について実施された研究によれば、磁界ばく露は人々をリスクから防護することを意図した磁界の閾値の範囲内である。

このような磁界は、電磁調理器を正しく使うことにより、閾値よりも大幅に低減することができる。あなたが最善の結果を得るために、以下の**注意事項**が役に立つであろう。

- ・ 取扱説明書を読み、理解し、以下に従うことを確実にすること。
- ・ セラミックガラス表面に示された調理ゾーンのサイズに合った大きさの鍋を使用すること; 広いゾーンの上に小さい鍋を置かず、**調理ゾーンを完全に覆う大きさの鍋を使用すること**。常に、調理ゾーンの真ん中に鍋を置くこと。
- ・ ゆがみのある傷んだ鍋や丸みのある鍋底のものを使用しないこと。たとえ、問題なく加熱ができるにしても使用しないこと。
- ・ 調理器のすぐそばに立っている人、または調理中に身体がコンロ上面に接する人は、奥側の調理フィールドを使うか、手前側の調理フィールドを使う場合は電力を低減すること。
- ・ 磁界へのばく露は、電磁調理器と身体の間に 5-10 cm の距離を常にとることにより大幅に低減できる。
- ・ 電磁調理器から鍋への効率的なエネルギー伝達が行えるように製造された鍋を使用することは不可欠である。そのような鍋には、電磁調理器に適合することを示した製造者のラベル表示がある。
- ・ 心臓ペースメーカーや植込み型除細動器を装着した人は、電磁調理器を使い始める前に、主治医に相談すべきである。それらの機器と干渉する可能性がある漏れ電流が身体を通して流れることを防止ため、金属製の調理用スプーンを使用しないこと。

## 1. 状況

電氣的誘導は、工業分野での幅広い用途において、導電性部品の加熱に長年利用されてきた。この加熱原理を家庭用設備に最初に利用したのが電磁調理器である。直接、鍋に熱が発生し、従来の調理器のように、調理ゾーンから鍋に熱が伝導することはない。電磁調理器には多くの利点がある。それは、速い応答時間、手早い調理開始、短い調理時間、エネルギー節約型の熱発生、調理ゾーンが熱くならないこととそれに伴う火傷と火事のリスク低下である。

## 2. 技術的情報

- ・ 周波数:20 - 100 kHz
- ・ 出力:最大 7500 W まで

### 電磁誘導による調理の原理

電磁調理器の調理ゾーンの下にはコイルがあり、そのコイルには中間周波数（20 - 100 kHz）の交流電流が流れている。この電流は同じ周波数の磁界を発生させ、その磁界は遮られることなく電磁調理器のセラミック製カバーを通り抜け、調理ゾーンに置かれた鍋を貫通する（図1）。磁界は、導電性の鍋底部に円状の電流（渦電流）を発生させる。この原理を電磁誘導と呼ぶ。鍋底部は、使用周波数において渦電流の熱損失が可能な限り高くなるような材料で作られている。このようなことは強磁性材料で起きる。このような材料内部で交流電磁界は鍋底部の最も外側の層へと集中させられ（表非効果）、そのために電流に対する材料の抵抗は増加し、極端に高い熱が生じる。また、鍋底内部の交流磁界は材料の磁化と減磁を繰り返し、これが追加的な熱を生じる（ヒステリシス損）[1]。

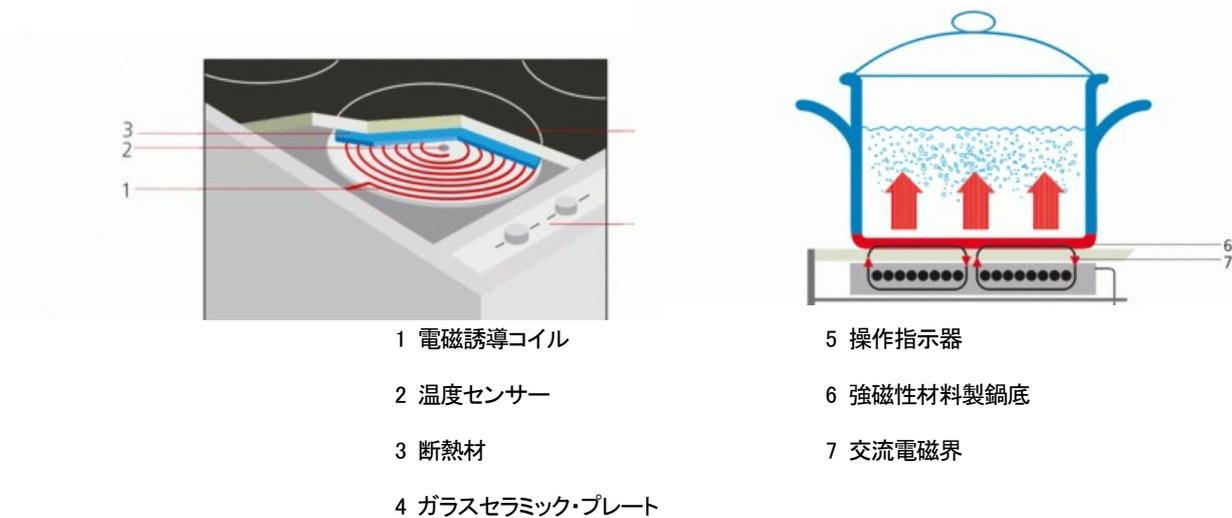


図1

### 漏れ磁界

鍋に誘導で捕捉されなかった磁界を漏れ磁界と呼ぶ。最も起きやすいのは、調理ゾーンが鍋によって完全に覆われていない場合である[2]。鍋底部の渦電流は、電磁調理器から発生する磁界と反対向きの磁界を発生するため、電磁調理器から発生する磁界およびその結果として漏れ磁界は両方とも弱められる。

## 漏れ電流

電磁誘導コイルと調理ゾーンの上に置かれた鍋はキャパシタを構成する。電磁誘導コイルにスイッチが入ると、鍋に電荷がかかる。もし人が鍋に触れると少量の電流（漏れ電流）がその人の身体を通して流れる可能性がある[3]。

## 典型的な出力

家庭用に設計された機器には、通常、1200W から 3600W の範囲で、出力の異なる 4 つの調理ゾーンがある。ビルトインユニットの合計出力はおおよそ 7500W である。調理プロセスを直ちに始める、または水を素早く加熱するために、調理ゾーンは、短時間、大きな出力で操作することが可能になっている（ブースターまたはパワー機能）。

## 加熱力の調節

加熱力は、磁界特性を変化させる種々の方法を用いて調節される。一般的な方法は以下のようなものである。

- 交流電流の周波数を利用した調節：電磁調理器は、共振周波数で電流が最大となるような発振回路を持つ。周波数が共振周波数からずれると、電流も出力も低下する。（例：共振周波数 17.5kHz で最大出力の場合、41.7kHz で出力は 1/4 になる。）
- パルス振幅変調を利用した調節：弱めの調理設定においては、磁界のオンオフの周期的切り替えにより出力が調節される。2 秒ごとに 1 パルスで、パルス持続時間を選択された出力に応じて変化させるものがよく用いられる。結果として、磁界は 0.5Hz のパルスで、そのパルス長が変動するものとなる。

## 3. ばく露限度

電界および磁界は人体内に電流を生じ、それが特定の強度以上では、神経および筋肉を急激に刺激することができる。この種の影響を避けるため、欧州では、身体を流れる電流をこの値の 50 分の 1 以下に制限するばく露限度が定義されている。

基本制限として知られているこの基礎的な限度は、電流密度（ある面積を通過する電流を示す用語）を制限する。許容可能な電流密度は、神経および筋肉が刺激されるレベルの 50 分の 1 である。

電流密度は人体内で直接測定できない。これは、人体ファントムおよび数値シミュレーションを用いた相当の実験成果から計算できる。

こうした困難は、参考値として知られている数値を用いることで克服できる。これは基本制限から導出され、身体のない場合の電界および磁界の強度として測定できる。参考値は、関連する基本制限を超えないことを確実にする。これは身体が均等にばく露される場合に特に有益である。

製品の電界または磁界が参考閾値を超える場合、基礎となる基本閾値が尊重されていることを確認するため、より詳細な調査を実施しなければならない。

電磁調理器には以下の限度値が適用される：

### 基本閾値：

- 50 Hz の低周波電磁界：電流密度は 2 mA/m<sup>2</sup>
- 中間周波電磁界：許容可能な電流密度は周波数に依存し、25 kHz で 50 mA/m<sup>2</sup>、70 kHz で 140 mA/m<sup>2</sup>

### 参考値：

- 低周波磁界：100 μT

- 中間周波磁界：6.25  $\mu\text{T}$

これらのばく露限度は、あるかも知れない電磁界の長期的な影響は考慮していない。

#### 4. 漏れ磁界へのユーザーのばく露

FOPH が 2006 年に委託した研究において、4 つの調理ゾーンを有する 2 種類のビルトインモデル (hob 1 および hob 2)、ならびに 1 つの調理ゾーンを有する業務用高性能持ち運び型ユニット (hob 3) のそれぞれの漏れ磁界を測定した[2]。

現在の電磁調理器基準[5]が定めるところでは、調理ゾーンに対して十分な大きさの適切な鍋を調理ゾーンの中心に置き、1 つの調理ゾーンを使った場合に、調理フィールドから 30 cm の距離において 6.25  $\mu\text{T}$  の参考値[4]を機器は満たさなければならない。測定された全ての機器はこの要求を満足した。

しかしながら、人々が電磁調理器を使うような日常の使用ではこの条件に合致しない可能性がある。そこで、いくつかの調理ゾーンの同時使用、不適切な鍋の使用、調理ゾーンの中心に鍋が置かれなかった場合などについて、漏れ磁界への影響も調べた。磁界は、ガラスセラミック製調理エリアの端から 1cm と 30cm の間で測定した。その理由は、電磁調理器から最小限でも 30cm 離れた位置を保つことは、実際問題としていつも出来るわけではないからである。このことは、特に妊婦、子供、身長の高い人に当てはまる。

##### 複数の調理ゾーンの同時使用

測定によれば、複数の調理ゾーンの同時使用により電磁調理器の前面に発生する漏れ磁界は、単一の調理ゾーンによって発生する漏れ磁界に比べ、それほど大きくはならないことが示された。

##### 適切な鍋 vs 不適切な鍋

適切な鍋と不適切な鍋を調理ゾーンの中心に置いて、測定を行った。

- 適切な鍋：電磁調理器に適合するもの、かつ／または、その直径が調理ゾーンの直径と同じもの。
- 不適切な鍋：電磁調理器に適合しないもの、または、その直径が調理ゾーンの直径と同じではないもの。

不適切な鍋での漏れ磁界の測定値は、適切な鍋での測定値に比べ、3.5 倍大きかった (図 2)。

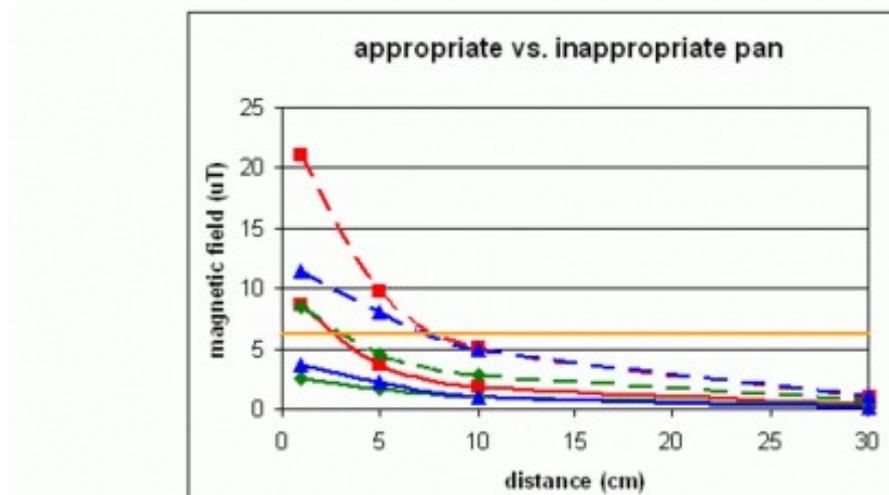


図 2: 調理ゾーン中心に置かれた適切および不適切な鍋を用いて、漏れ磁界を、距離 1~30cm で測定した。

### 調理ゾーン上の中心位置 vs 中心を外れた位置

鍋が調理ゾーンから取り去られると、電磁調理器のスイッチは自動的にオフになる。ぴったり中心に置かれた鍋と電磁調理器のスイッチがオフにならない範囲で中心から外れた位置に置かれた鍋とで、漏れ磁界測定値を比較した。図 3 に、同じ鍋でも中心から外れた位置の鍋は漏れ磁界が大きくなり、最大 5 倍にも達することを示す。

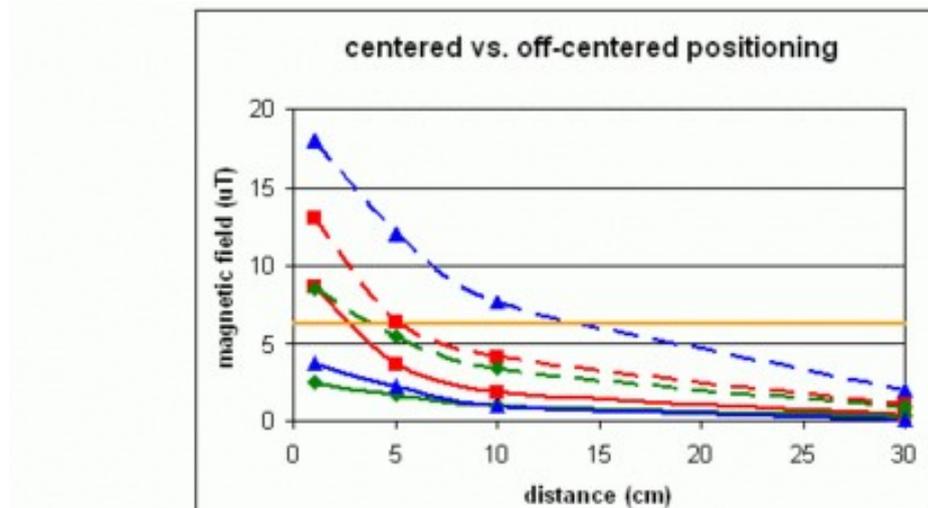


図 3: 調理ゾーンの中心に置かれた鍋と中心から外れて置かれた鍋を用いて、漏れ磁界を距離 1～30cm で測定した。

### 中心位置の適切な鍋 vs 中心を外れた位置の不適切な鍋

図 4 に、中心位置の適切な鍋と中心を外れた位置の不適切な鍋 (最悪ケース) の漏れ磁界の比較を示す。最悪ケースの漏れ磁界は、基準に準拠した使用状態において発生する漏れ磁界に比べ、最大 9.5 倍の大きさになる。

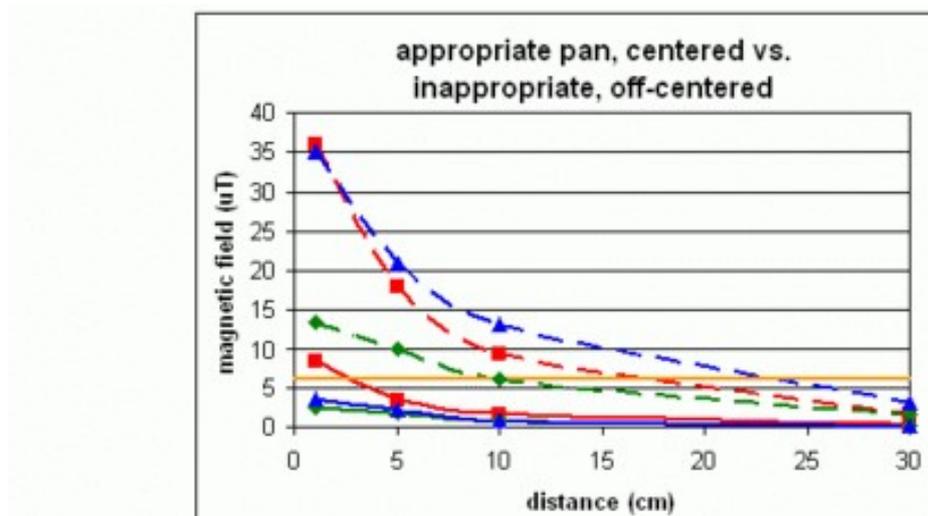


図 4: 中心位置の適切な鍋と中心を外れた位置の不適切な鍋を用いて、漏れ磁界を、距離 1～30cm で測定した。

### 漏れ磁界に対する距離の影響

調理エリアに近づけば近づくほど、漏れ磁界測定値は大きくなる (図 2～4)。30cm の距離では、全てのモデルが  $6.25 \mu\text{T}$  の参考値を満たす。調理ゾーンの端から 1cm の前面で測定された漏れ磁界は、大半の場合、この参考値を超過する。中心を外れた置き方の場合、適切な鍋での漏れ磁界は、<1cm から 12cm

の距離において参考値に達し、不適切な鍋では、<1cm から 20cm において達した。全ての測定は、電磁調理器の最高レベル設定にて行った。距離 1cm は毎日の普通の使い方では起こりそうもなく、最悪ケースのシナリオを表している。最小でも 5-10cm という距離は、実際上最も起きやすい距離であるが、鍋が正しく使用された場合（適切な調理鍋、調理ゾーン中心に置く）、その距離で参考値を超過した測定値はなかった。

## 5. 体内誘導電界へのユーザーのばく露

電磁調理器から発生する漏れ磁界は、調理器の前面に立っている人の身体に電流を生じる。神経または筋肉の刺激といった急激な反応を避けるため、この電流は、身体、特に中枢神経系を流れる電流へのばく露についての欧州の参考値を超えてはならない[4]。

2 章で述べた漏れ磁界は部分的にこの参考値を超えるので、この漏れ磁界によって身体内に生じる電流が、電流へのばく露についての閾値を尊重しているかどうかを判断するため、更なる調査が実施された。

体内電流を直接測定することはできない；これは仮想的なヒトモデルを用いたコンピュータシミュレーションで計算しなければならない。公衆衛生局に代わり、チューリヒの IT'IS Foundation が、3 機種の電磁調理器の調理台の前面に直立し、調理器に適した鍋を適切に置いて調理するモデルについてシミュレーションを実施した。磁流に加えて、シミュレーションでは以下の仮想的なヒトの性別、年齢、骨格、解剖学、組織の特性および姿勢も考慮した：

- 女性、年齢：26 歳、身長：1.60 m、体重：58 kg、妊娠していない
- 女性、年齢：26 歳、身長：1.60 m、体重：58 kg、妊娠 3 か月 / 7 か月 / 9 か月
- 胎児、3 か月 / 7 か月 / 9 か月
- 女兒、年齢：5 歳、身長：1.08 m、体重：18 kg
- 男児、年齢：6 歳、身長：1.17 m、体重：20 kg
- 男児、年齢：14 歳、身長：1.65 m、体重：50 kg
- 男性、年齢：34 歳、身長：1.74 m、体重：70 kg
- 弾性、年齢：37 歳、身長：1.78 m、体重：120 kg

身体電流は身体の末梢部分ならびに中枢神経系（脳および脊髄）についてシミュレートした（図 5）。

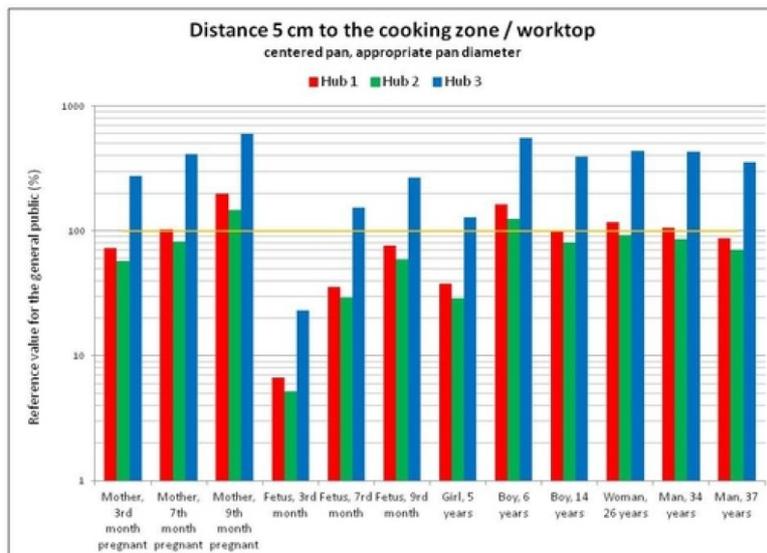


図 5：電磁調理器の調理台の前面に直立するモデルの全身を通じて測定した身体電流、参考値との比率で表示。100% は一般公衆に対する参考値に相当する。Hob1 および Hob2 はビルトインユニット；Hob3 は業務用持ち運びユニット。

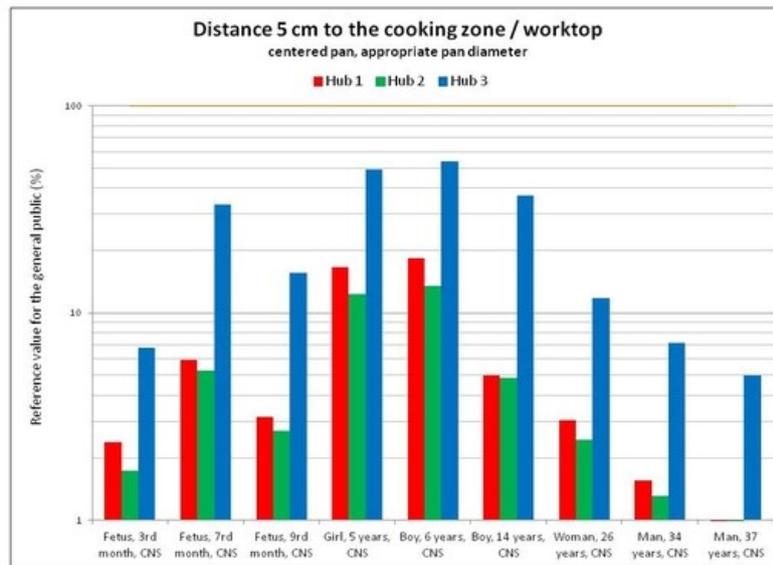


図 6：電磁調理器の調理台の前面に直立するモデルの中樞神経系で測定した身体電流、参考値との比率で表示。100%は一般公衆に対する参考値に相当する。Hob1 および Hob2 はビルトインユニット；Hob3 は業務用持ち運びユニット。

結果は、2 種類のビルトインユニットから生じる身体電流は、ほとんどのモデルについて、参考値より低いか同じであるが、妊娠 9 か月の女性と 6 歳児は例外で、両者では身体電流が参考値を超えることを示している。業務用の高性能持ち運びユニットから生じる身体電流はほとんどが参考値を超える (図 5)。但し、健康影響の評価にとって非常に重要な[4]中樞神経系の電流は、全てのモデルについて参考値以下である (図 6)。

## 6. 健康影響

### 6.1 磁界

これまでに、電磁調理器の健康への影響に限定した研究は行われてこなかった。

世界保健機関 (WHO) によれば、中間周波数磁界の健康への長期影響を認めざるを得ないような証拠は何一つない[6]。しかしながら、この周波数範囲について調べた研究は相対的に殆んど発表されていないことに言及している。中間周波数範囲について実施された少数の動物実験研究から如何なる結論を引き出すことも不可能である。人についての研究は、その大部分はコンピュータのモニターがもたらすリスクを調べたものであるが、健康への影響を確認しなかった。これらの機器は、放射する電磁界および磁界の規模に両方において電磁調理器とは異なっているため、これらの研究結果をどの程度まで電磁調理器に外挿して考えられるか明らかでない。

磁界は人体に浸透し、電流を生じ得る。この電流が特定の値を超える場合、中樞神経系を直接刺激し得る。この種の影響を避けるため、身体内を流れる電流をこの値の 50 分の 1 以下とするような、磁界に対する欧州ばく露限度が定義されている[4]。「健康リスクとプレコーション」の下に示されたヒントに従うことで、これらの閾値を確実に尊重することができる。

## 6.2 植込み型電子機器への影響

電磁調理器がどのように植込み型電子機器に影響を与えるかを調べたいいくつかの研究がある[3,7-9]。電磁調理器の漏れ磁界が、近距離内の植込み型電子機器に影響を与える可能性は排除できず、このことは、単極心臓ペースメーカで実証されている[3]。また、漏れ電流が単極心臓ペースメーカに与える影響も心に留めなければならない。単極心臓ペースメーカを装着した人への助言は、長々と鍋に触れないこと、および調理中に金属製スプーンを使用しないことである[3]。植込み型電子機器を装着した人は、製造者が提供する安全のための助言を読むこと、および電磁調理器を使い始める前に主治医に相談することが不可欠である。電磁調理器が正しく使われていれば、植込み型電子機器が有害な影響を受ける可能性は非常に低い。

## 7. 法的規制

電磁調理器は低電圧機器であり、スイスでは、低電圧電気機器に関する規制[10]により規制されている。この規制は、低電圧機器が正しく使用された場合に人および物体に対して危害を加えないこと、また予見可能な間違ったやり方で使用された場合および予見可能な故障が起きた場合には可能な限り人および物体に対して危害を加えないことを要求する。またこの規制は、低電圧機器が欧州低電圧指令における健康および安全に関する必須要求を満たす場合に限り、市場に出すことが許可されることも明言している。

低電圧機器の製造者は、製品を市場に出す前に、その製品についての適合宣言書を得なければならない。この宣言書はその製品が必須要求を満たしていることを明言する。個々の製品についての必須要求は、技術基準に明細が指定されている。家庭用機器が発生する電磁界が満たすべき要求は、SN EN 62233:2008 に明細が指定されている [4]。それに対応する適合性クライテリアは EU 勧告の限度値に一致している[4]。

製造者は、自社の機器が適合性クライテリアを満たすことを請け合う責任を負わされ、スイスでは市場の包括的監視は行われていない。スイス大電流設備検査局 ([www.esti.admin.ch](http://www.esti.admin.ch)) は、市場の製品から無作為に取り出したサンプルを検査して、規制の遵守をチェックする。

## 8. 参考文献

1. Gaspard JY et al. Cuisson par induction: une nouvelle génération de systèmes inducteurs. Proceedings of Congrès Européen L'induction et ses applications industrielles. 1991
2. Clementine Viellard et al. B-field exposure from induction cooking appliances. ITIS-Foundation, Zurich, July 2006. ITIS Bericht.
3. Imich W, Bernstein AD. Do induction cook tops interfere with cardiac pacemakers? Europace. 2006; 377-84.
4. Council Recommendation 1999/519/EC of 12 July 1999 on the limitation of exposure on the general public to electromagnetic fields (0 Hz - 300 GHz).
5. SN EN 62233 "Electromagnetic fields around household and similar electrical appliances – Methods for evaluation and measurement"
6. WHO: Extremely Low Frequency Fields. Environmental Health Criteria Monograph No.238, 2007.
7. Binggeli C et al. Induction ovens and electromagnetic interference: what is the risk for patients with

- implantable cardioverter defibrillators? J Cardio-vasc.Electrophysiol. 2005; 16: 399-401.
8. Rickli H et al. Induction ovens and electromagnetic interference: what is the risk for patients with implanted pacemakers? Pacing Clin Electrophysiol.2003, 26:1494-7.
  9. Hirose M et al. Electromagnetic interference of implantable unipolar cardiac pacemakers by an induction oven Pacing Clin.Electrophysiol. 2005;28:540-8
  10. SR 734.26: Regulation concerning electrical low-voltage devices of 9 April 1997.