

第4回電磁界フォーラム

～身の周りの電磁界について理解を深めよう～

平成23年2月2日（大阪）

平成23年2月4日（東京）

主催

財団法人電気安全環境研究所

電磁界情報センター





電磁界情報センター

第4回電磁界フォーラム

～身の周りの電磁界について理解を深めよう～

開催のご案内

(大阪：2/2 (水)、東京：2/4 (金))

電磁界情報センターでは、電力設備や家電製品などから発生する 50/60Hz の電磁波（電磁界）に関して、さまざまな視点から議論する機会を設け、11 回シリーズの電磁界フォーラムを開催しています。

第4回目のテーマは「身の周りの電磁界について理解を深めよう」です。

私たちの身の周りにはどのような電磁界が存在しているのか、また、私たちは電磁界とどのように共存しているのかということについて、自然界で発生する電磁界、人工的に発生する電磁界、電磁界との共存という3つの視点からそれぞれ専門家を招いて説明いただくとともに、参加者の皆さまとの質疑応答により、理解を深めたいと思います。

このような趣旨から、下記のとおり電磁界フォーラムを開催いたしますので、多くの方のご参加をお待ちしております。

なお、本フォーラムは、上記テーマに特化した内容で実施いたします。電磁波全般の基礎的な内容についての説明・質疑応答は予定しておりませんので、予めご了承ください。

記

《大阪会場》

- 日 時：平成 23 年 2 月 2 日（水）13:00～16:30
- 場 所：大阪国際交流センター 小ホール
(住所：大阪府大阪市天王寺区上本町 8-2-6)
- 定 員：200 名（参加無料）

《東京会場》

- 日 時：平成 23 年 2 月 4 日（金）13:00～16:30
- 場 所：日本科学未来館 みらい CAN ホール
(住所：東京都江東区青海 2-3-6)
- 定 員：200 名（参加無料）

《プログラム》

※大阪会場、東京会場ともプログラムは同じです。

- 13:00－13:05 開会挨拶・事務連絡 電磁界情報センター 事務局
- 13:05－13:55 自然界の電磁界・電磁波
大阪大学大学院 工学研究科教授 河崎 善一郎 氏
- 13:55－14:05 休 憩
- 14:05－14:55 人工的に発生する電磁界について
一家電製品から発生する電磁界を中心に－
国際電気標準会議 国際無線障害特別委員会 エキスパート 野田 臣光 氏
- 14:55－15:05 休 憩
- 15:05－15:55 電磁界との共存について
－電磁界のペースメーカーへの影響を中心に－
日本メトロニクス株式会社 カーディエックリズムデバイス・マネジメント テクニカルフォー 豊島 健 氏
- 15:55－16:00 休 憩
- 16:00－16:30 質疑応答 司会 電磁界情報センター 事務局
- 16:30 閉 会

以 上

第4回電磁界フォーラム

「身の周りの電磁界について
理解を深めよう」

講演者のご紹介

河崎 善一郎 氏

【講演テーマ】

『自然界の電磁界・電磁波』

○役職

- ・大阪大学大学院 工学研究科 教授
- ・E-JUST(エジプト日本科学技術大学)電気、電子、
計算機科学工学学類長 アドバイザー教授

○主な経歴

- ・大阪大学大学院 工学研究科通信工学専攻
博士課程 修了(工学博士)
- ・名古屋大学 助手 空電研究所 勤務
- ・スウェーデン国ウプサラ大学 気象研究所 客員講師
- ・名古屋大学 太陽地球環境研究所 客員助教授

野田 臣光 氏

【講演テーマ】

『人工的に発生する電磁界について—家電製品から発生する電磁界を中心に—』

○役職

- ・国際電気標準会議 国際無線障害特別委員会
エキスパート
- ・日本電機工業会(JEMA)EMC関連委員会 委員

○主な経歴

- ・名古屋大学 電子工学科 卒業
- ・東京芝浦電気(株)(現 株東芝) 入社
電子レンジ・IH調理器の開発、品質保証に従事
- ・東芝ホームアプライアンス(株)(株東芝から分社) 退社
- ・(社)家電製品協会 家電製品から発せられる電磁波
検討ワーキンググループ主査

電磁界情報センター



豊島 健 氏

【講演テーマ】

『電磁界との共存について —電磁界のペースメーカーへの影響を中心に—』

○役職

- ・日本メトロニック(株) カーディアックリズムディジーズ
マネージメント テクニカルフェロー、教育センター長

○主な経歴

- ・東京電機大学 工学部電子工学科 卒業
- ・東京医科歯科大学 医用器材研究所
- ・埼玉医科大学 保健医療学部 非常勤講師
- ・日本不整脈学会 評議員、同理事、電磁干渉／不具合
に関する検討委員会委員長
- ・総務省 電波の医用機器等への影響に関する調査
研究会委員

電磁界情報センター



自然界の電磁界・電磁波

河崎 善一郎

(Egypt Japan University of Science and Technology)

(大阪大学大学院工学研究科)

1. 自然界の電磁界・電磁波

宇宙からの電磁界・電磁波

太陽からの電磁界・電磁波

惑星からの電磁界・電磁波

地球上の電磁界・電磁波

1. 雷放電に伴う電磁界・電磁波
2. 地震活動に伴う電磁界・電磁波
3. 火山活動に伴う電磁界・電磁波
4. 地球が本来持っている電磁界・電磁波

2. 泉州熊取谷にて天の火を取りたる因説（1800 年頃の荘官・中 氏の実験）



岩橋善兵衛画（1800 年頃）

ベンジャミンフランクリンの実験から僅か 50 年

3. 雷放電について

雷放電の種類

雲放電

雲間放電

雲内放電

対地放電（落雷）

落雷の諸過程

初期放電

リーダー進展

帰還雷撃

多重落雷

4. 落雷についての常識

正負電荷の内通常の落雷は負電荷が

負電荷の高さ、夏地上 7km、冬地上 4km 程度

雷雲の広がり、直径 15km 程度

落雷に関わる電荷広く、薄く分布

放電の開始は、雷雲電荷のいたるところから

金属の携帯、携行は被雷とは無縁

高いものが撃たれることが多い！！！！

自然界の電磁界・電磁波

河崎 善一郎

(Egypt Japan University
of

Science and Technology)

(大阪大学大学院工学研究科)

自然界の電磁界・電磁波

宇宙からの電磁界・電磁波

太陽からの電磁界・電磁波

惑星からの電磁界・電磁波

地球上の電磁界・電磁波

1. 雷放電に伴う電磁界・電磁波
2. 地震活動に伴う電磁界・電磁波
3. 火山活動に伴う電磁界・電磁波
4. 地球が本来持っている電磁界・電磁波

江戸時代(1800年頃) 荘官・中氏の実験



岩橋善兵衛画

ベンジャミンフランクリンの実験から僅か50年

泉州熊取谷にて天の火を取りたる図説

雷放電

大気電気学

気象学

地球物理学

電気電子工学

耐雷, 防雷, 避雷

雷放電

大気電気学

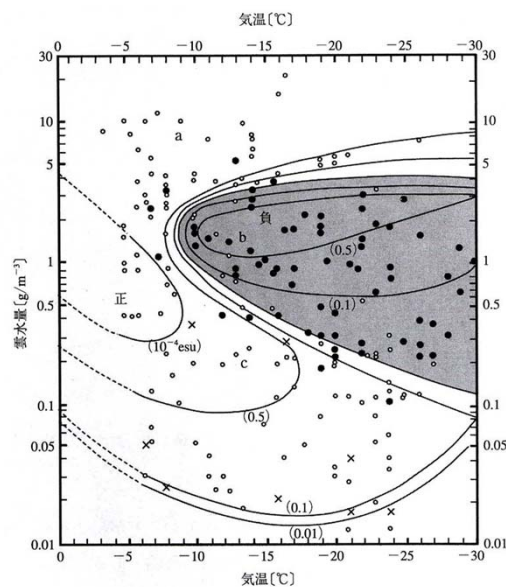
気象学

地球物理学

ハッチングの領域
霰が負に帯電

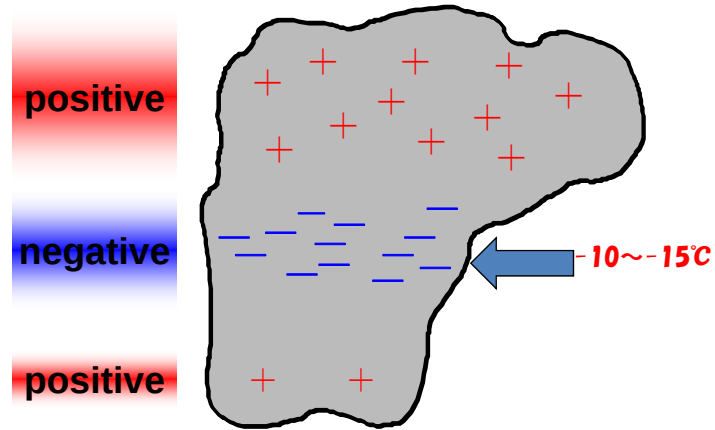
それ以外の領域
霰が正に帯電

着氷電荷分離仮説
By Takahashi, T.



あられの電荷符号は、白丸が正、黒丸は負、氷晶の1個当りの衝突による電荷分離の大きさ(単位: esu)を数字で示す。縦軸は雲水量、横軸は気温をそれぞれ示す

雷雲の電荷モデル



雷雲電荷三重極構造

雷放電について

雷放電の種類

雲放電

雲間放電

雲内放電

対地放電（落雷）

落雷の諸過程

初期放電

リーダー進展

帰還雷撃

多重落雷

落雷の諸過程と電磁波

初期放電

VHF/MF/LF ??

リーダ進展

VHF/UHF

帰還雷撃

MF/LF/VLF

多重雷撃

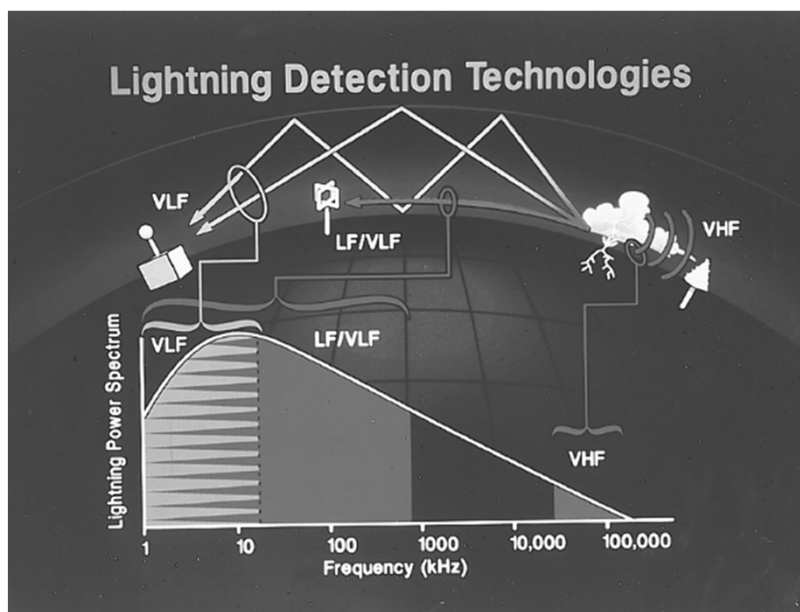
ダートリーダ進展

弱いVHF/UHF

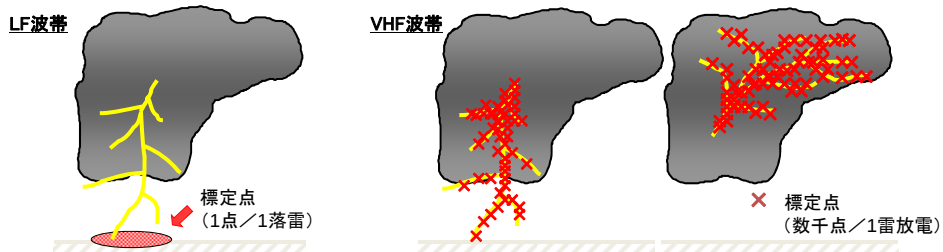
後続雷撃

MF/LF/VLF

雷放電活動に伴う電磁波 2



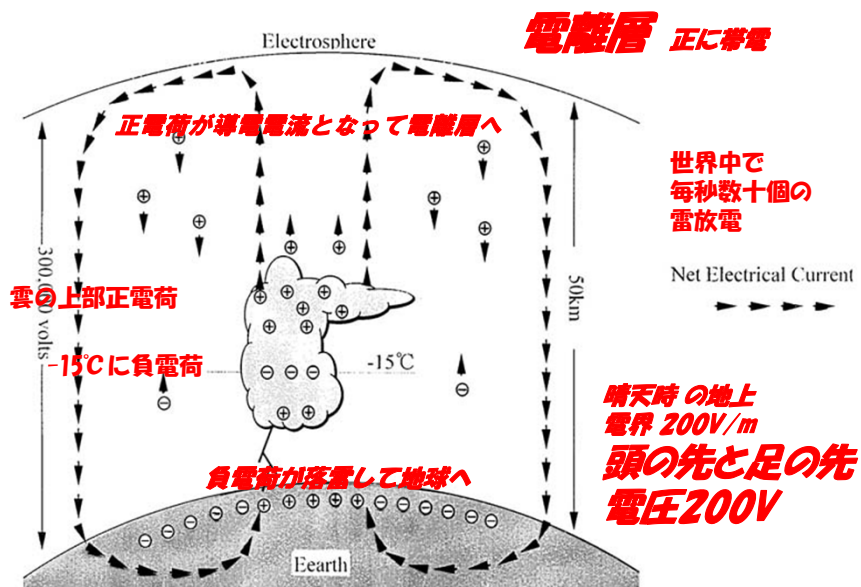
VHF波を利用した放電の可視化



	受信電波帯域 (発生要因)	位置標定原理	標定対象
古典的手法	LF波帯 (落雷に伴う大電流)	到達時間法 (複数観測地点データ統合必要 高度情報なし)	落雷地点のみ (1落雷につき1点)
広帯域干渉計	VHF波帯 (放電の進展)	干渉法および交会法 (単地点から方向推定、 複数地点データ統合で三次元化)	落雷および雲放電の 放電進展様相 (1回の雷放電につき数千点)

時間的・空間的に分解能の高い雷監視を実現 ⇒ 雷嵐活動の短時間予知へ!!

雷のもたらす電界 地球電気回路



落雷についての常識

正負電荷の内通常の落雷は負電荷が
負電荷の高さ、夏地上7km、冬地上4km程度
雷雲の広がり、直径15km程度
落雷に関わる電荷広く、薄く分布
放電の開始は、雷雲電荷のいたるところから
金属の携帯、携行は被雷とは無縁
高いものが撃たれることが多い！！！！

人工的に発生する電磁界について —家電製品から発生する電磁界を中心に—

2011年2月
国際電気標準会議
国際無線障害特別委員会 エキスパート
野田臣光

2011-2

1

ご紹介内容

1. 家電製品からの磁界レベル
2. 電磁界と電磁波について
3. 家電製品の電磁界発生源
4. 測定方法規格化の必要性
5. IEC62233の概要について
(TS C0044-2010; 公表2010-12-20)
6. 家電製品の電界と接触電流について
7. ICNIRPガイドライン
(1998年版と2010年版比較)

2011-2

2

1. 家電製品からの磁界レベル

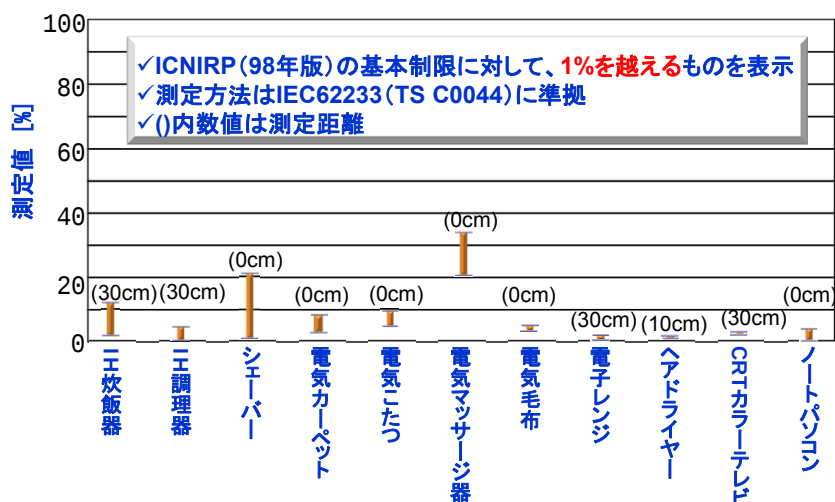
ICNIRPガイドラインは2010年に改訂版が公表されましたが、1998年版の基本制限との比率として測定結果を紹介します。

ICNIRP: 国際非電離放射線防護委員会

2011-2

3

磁界レベルの状況は・・・



出典: 経済産業省 総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会電力安全小委員会 電力設備電磁界対策ワーキンググループ: 「報告書; (参考) 平成19年度家電製品から発せられる電磁波(10Hz~400kHz)測定調査報告」(平成20年6月)

2011-2

4

評価対象家電製品名 (33製品)

第4回電磁界フォーラム

IEC62233対象機器	IEC62233非対象機器
・IH炊飯器 ・IH調理器 ・空気清浄機 ・シェーバー ・食器洗い乾燥機 ・電気カーペット ・電気洗濯機 ・電気掃除機 ・電気マッサージ器(手持型) ・電気毛布 ・電気冷蔵庫 ・電子レンジ ・ヘアドライヤー ・ルームエアコン ・電気こたつ ・電気ポット	・HDD/DVDレコーダ ・CRTカラーテレビジョン ・液晶カラーテレビジョン ・プラズマカラーテレビジョン ・ノートブックパソコン ・デスクトップパソコン ・ミニコンポ ・事務所用蛍光灯器具富士形インバータ式 ・事務所用蛍光灯器具富士形銅鉄式 ・住宅用LED壁埋込形照明器具 ・住宅用LEDスポットライト ・蛍光灯卓上スタンド ・住宅用蛍光灯器具シーリングライト ・住宅用蛍光灯器具ペンダントインバータ式 ・住宅用蛍光灯器具ペンダント銅鉄式 ・据置き型ゲーム機 ・ポータブルゲーム機

2011-2

5

2. 電磁界と電磁波について

家電製品からの電磁界を理解していた
 だくために……

2011-2

6

第4回電磁界フォーラム



7

第4回電磁界フォーラム

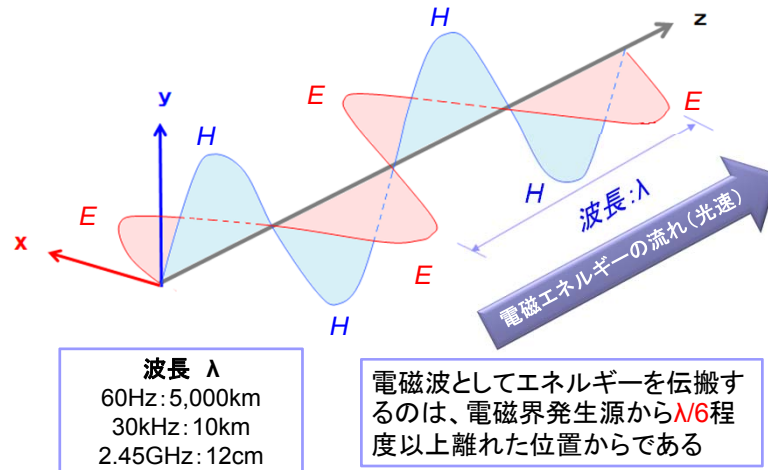


8

電磁波の振る舞い

第4回電磁界フォーラム

電磁波の振る舞いを時間を止めて観察



2011-2

9

代表的な電磁界と用途

第4回電磁界フォーラム

分類と生体作用	名称	周波数(Hz) ^注	用途
電磁界 非電離放射線 電波 熱作用 刺激作用	ガンマ線	3×10^{18}	医療
	X線	3×10^{16}	材料検査、X線写真
	紫外線	3×10^{15}	殺菌灯
	可視光線	3×10^{13}	光学機器
	赤外線	3×10^{12} (3THz)	赤外線ヒータ
	サブミリ波	3×10^{11}	光通信システム
	ミリ波 (EHF)	3×10^{10}	衛星放送、レーダ
	センチ波 (SHF)	3×10^9 (3GHz)	電子レンジ、携帯電話
	極超短波 (UHF)	3×10^8	テレビ放送
	超短波 (VHF)	3×10^7	FM放送、テレビ放送
	短波 (HF)	3×10^6 (3MHz)	アマチュア無線
	中波 (MF)	3×10^5	AM放送
	長波 (LF)	3×10^4	IH調理器、インバータ電源、電波時計、海上無線
	超長波 (VLF)	3×10^3 (3kHz)	長距離通信
	超低周波 (ELF)	3×10^2 以下	家電製品電源

注: 波長は、光の速度30万km/秒 = 3×10^8 m/秒を周波数で除して求める。

2011-2

10

時間的変動する電界による電流

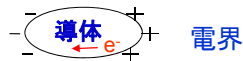
第4回電磁界フォーラム

人体は導体

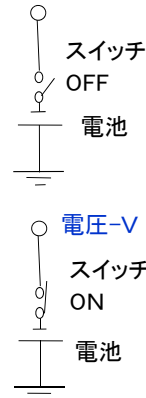
コンデンサに電流が流れる原理

導体

(a) 導体表面に電荷が現れていない



(b) スイッチON直後電界生じることにより導体内の電子が移動(電流)して導体表面に電荷が現れる(正負同数)
(定常状態では電界は存在するが電流は流れない)



2011-2

11

時間的に変動する磁界による電流

第4回電磁界フォーラム

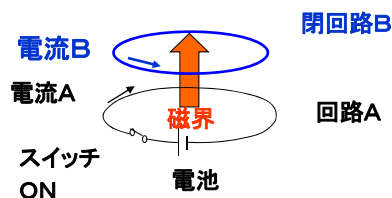
閉回路B

回路A

トランスの2次コイルに電圧が誘起して電流が流れる原理

スイッチ OFF
電池

(a) スイッチOFF定常状態では磁界が存在せず、閉回路Bには電流が流れない

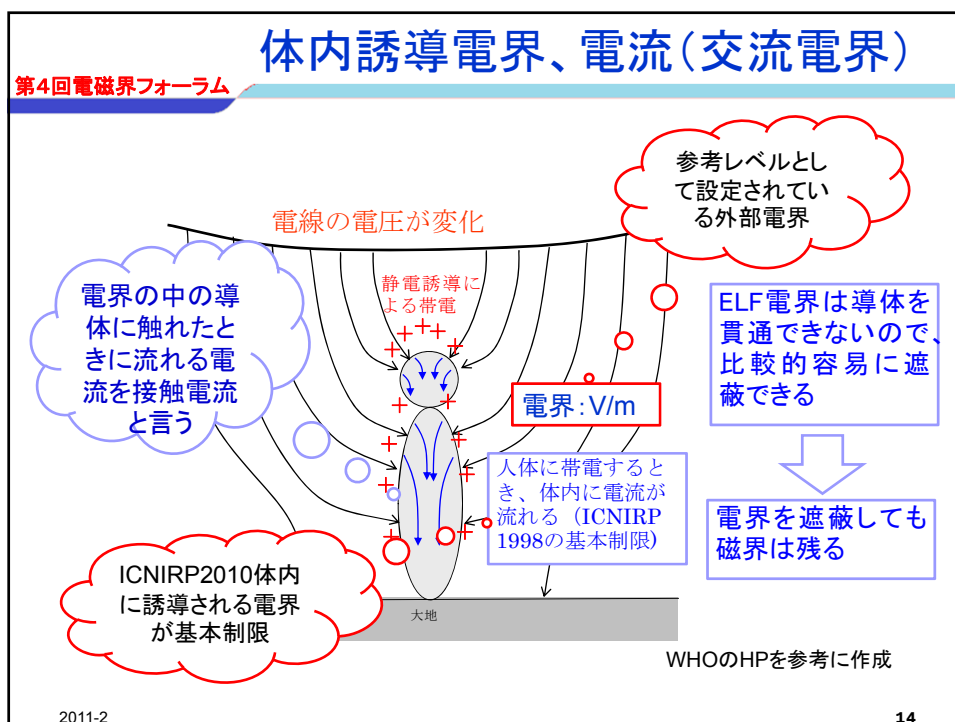
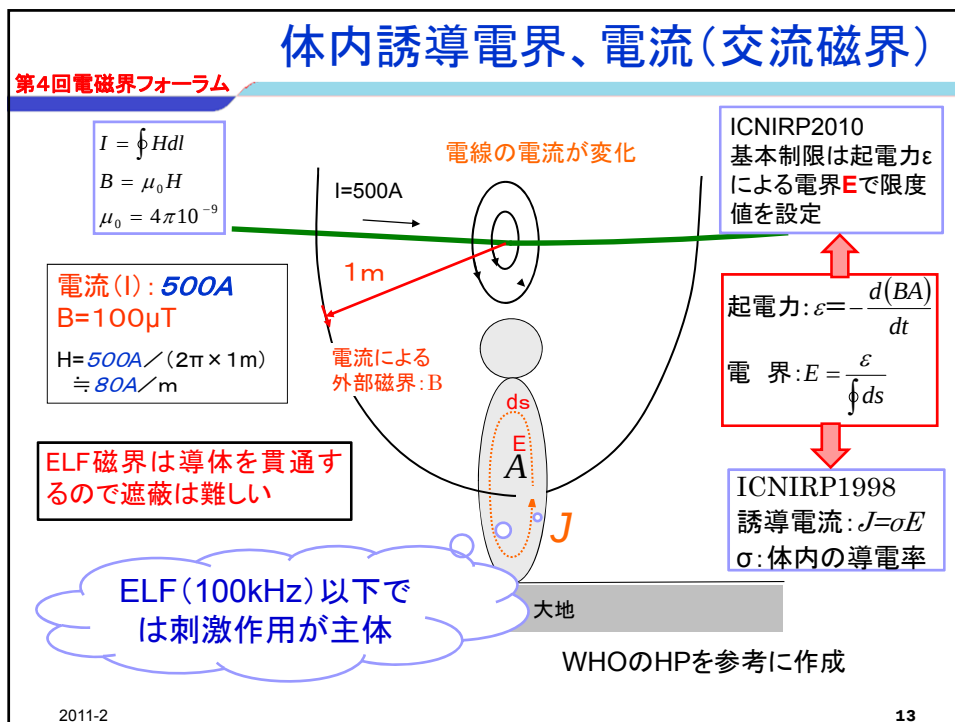


直径1m、1Aでコイルの中心磁界は
 $1\text{A}/\text{m} = 1.2\mu\text{T}$

(b) 回路AのスイッチをON直後磁界発生し閉回路Bに電圧が誘起され電流が流れる(定常状態では磁界は存在するが電流は流れない)

2011-2

12



3. 家電製品の電磁界発生源

家電製品の機能を達成するために、いろいろな電気部品が使用されています。これらの電気部品から電界、磁界、電磁界が発生します。

2011-2

15

家電製品からの電界、磁界発生源例



トランス



高周波トランス



モータ



コイル



マグネトロン



フライバックトランス

2011-2

16

3-1 電子レンジについて

電子レンジは電波(マイクロ波)を使用する調理器具です。

2011-2

17

電子レンジ加熱の仕組み

- 周波数2.45GHzの電波(マイクロ波)を使用
- 電波の電界成分が食品に含まれている水のような極性を持つ分子を振動させる
- マイクロ波領域では、電界の変化に対し分子の動きが追従できない、遅れる
- この遅れることにより、水の分子は電波のエネルギーを吸収し、熱に変換される

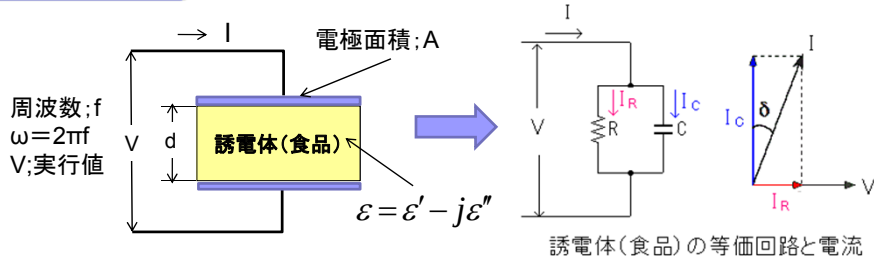


JEMA HP より引用

18

回路的に表現すると……

第4回電磁界フォーラム



$$I = j\omega \frac{\varepsilon A}{d} V = \omega \frac{A}{d} (\varepsilon'' + j\varepsilon') V \equiv \left(\frac{1}{R} + j\omega C \right) V = I_R + I_C$$

$$\tan \delta = \frac{|I_R|}{|I_C|} = \frac{1}{\omega C R} = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'}$$

$$P = VI_R = VI_C \tan \delta = 2\pi f C V^2 \tan \delta$$

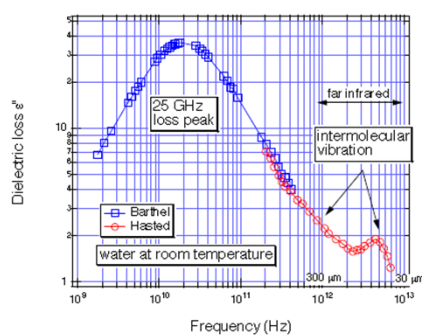
P : 発熱(加熱)量
 $\tan \delta$: 誘電正接 δ : 損失角 f : 周波数

2011-2

19

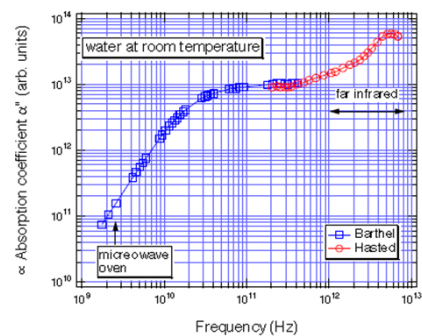
水などの誘電損失は……

第4回電磁界フォーラム



水の誘電損失(ε'')

誘電損失最大
となる周波数



水の吸収係数

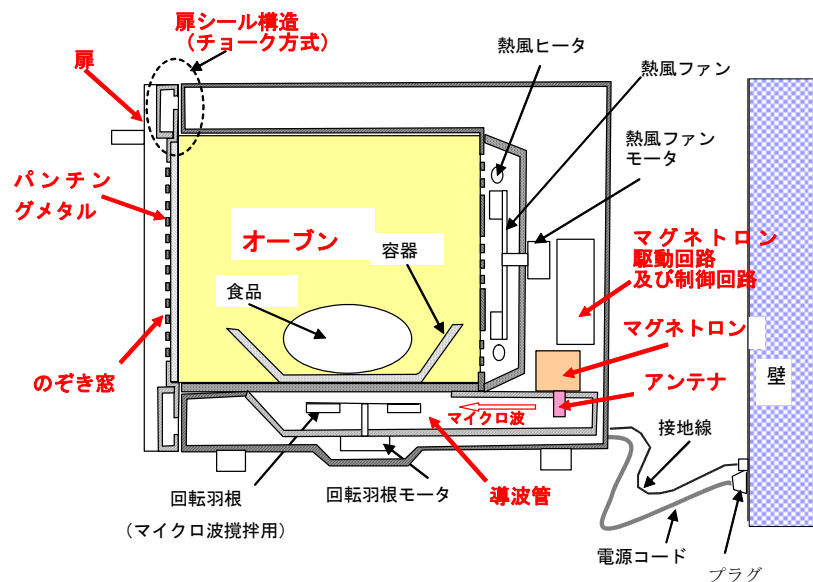
水(H_2O) : 25GHz
 メタノール(CH_3OH) : 3GHz
 エタノール(C_2H_5OH) : 1GHz

出典: マイクロ波領域の誘電緩和と何がわかるか(天羽優子)

2011-2

20

電子レンジの構造例

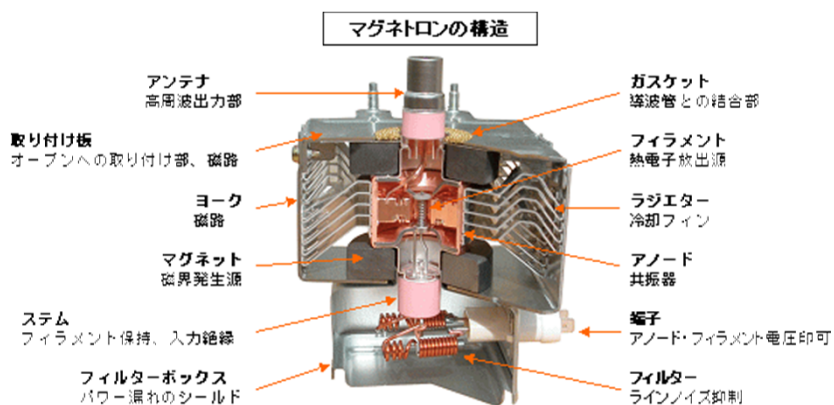


2011-2

21

電子レンジの電波発生源

電子レンジに使用されている電波(2,450MHz)
発生源はマグネトロン(真空管の一種)である



2011-2

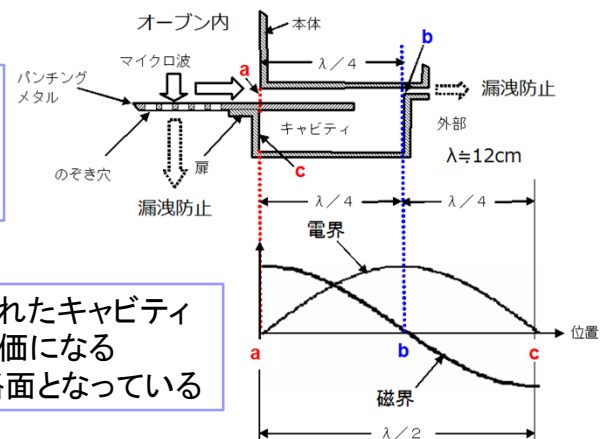
22

扉から電波の漏れは・・・

チョーク方式による本体と扉の隙間からの漏洩防止の原理

電波の波の性質
を利用して電波
の漏洩を防止し
ている

- 「a」は扉に設けられたキャビティの「c」の位置と等価になる
- 「c」の位置は短絡面となっている

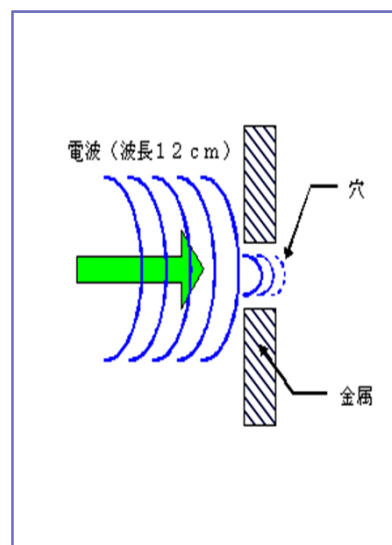


2011-2

23

のぞき窓からの電波は・・・

- 金属は電波を反射し、電波を遮蔽する
- 波長($\lambda=12\text{cm}$)より十分小さい金属の穴は電波は通過できない
- 穴径が同じ場合、金属の厚みが厚いほど遮蔽効果が大きい



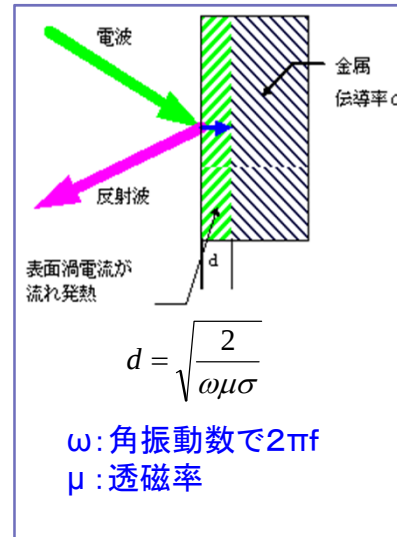
2011-2

24

オープン壁面での遮蔽は……

- **理想金属**の場合は金属の表面で反射するが、そうでない場合は、金属の内部に電波が侵入する
- 侵入の程度を示す指標として**表皮深さ** d ($1/2.7$ に減衰する深さ)が用いられる
- $1/1,000$ に減衰させるには、 $7d$ の厚みが必要である
- 浸透深さ d の計算例
銅板 : $1.3 \mu\text{m}$

電波は残らない



2011-2

25

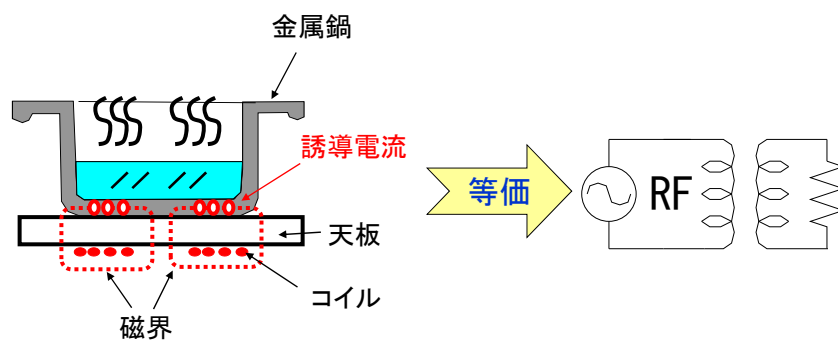
3-2 IH調理器について

20kHzから100kHzの磁界を使用して金属の鍋を発熱させる調理器具です。

2011-2

26

IH調理器の加熱原理は・・・

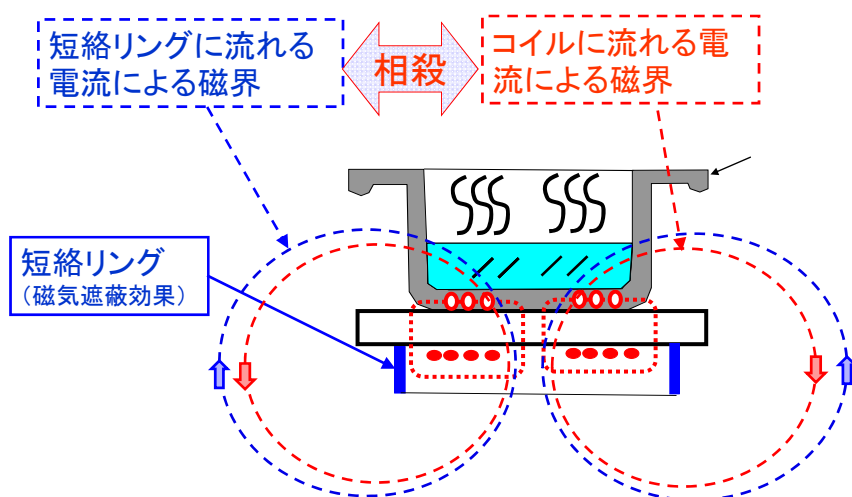


誘導電流によるジュール損により鍋を直接発熱させる

2011-2

27

磁界の漏洩低減ですが・・・



2011-2

28

4. 測定方法規格化の必要性

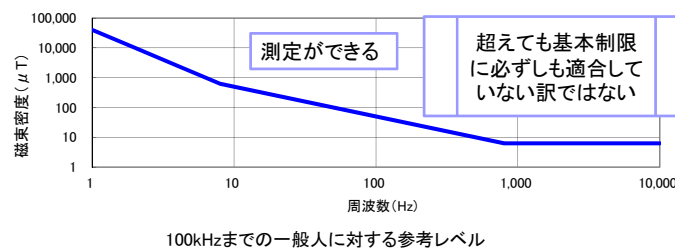
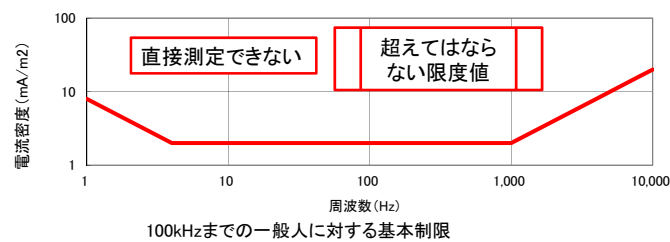
ICNIRPは限度値を提示していますが、測定方法を提示していません。

2011-2

29

測定方法規格化の必要性

ICNIRP1998



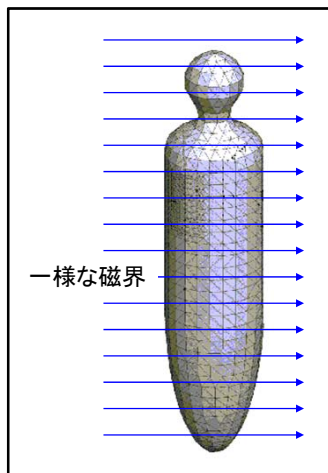
2011-2

30

測定方法規格化の必要性

参考レベルは……

体内誘導電流が最大となる磁界ばく露の条件で導出している。
 この条件は、一様な磁界による全身ばく露で図の方向である。
 周波数は、単一周波数を想定している。



2011-2

31

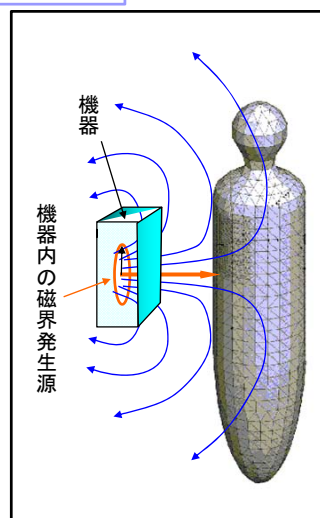
測定方法規格化の必要性

家電機器からの磁界は……

- 機器から離れるに従い急激に減衰する非一様で局所的な磁界である
- 機器からの距離、磁界センサの面積により測定値が異なる
- 複雑な波形(複数の周波数)である

- 測定値と参考レベルを比較することでの適合、非適合判定はできない
- 適合判定方法を含めた測定方法の規格化が必要となる

IEC62233
 日本; TS C0044



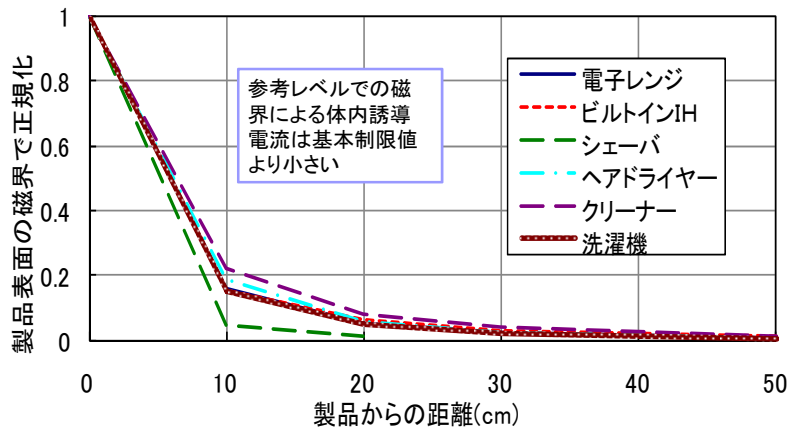
2011-2

32

測定方法規格化の必要性

第4回電磁界フォーラム

家電製品からの磁界と距離は・・・



IEC62233で規定されている100cm²プローブを使用して測定

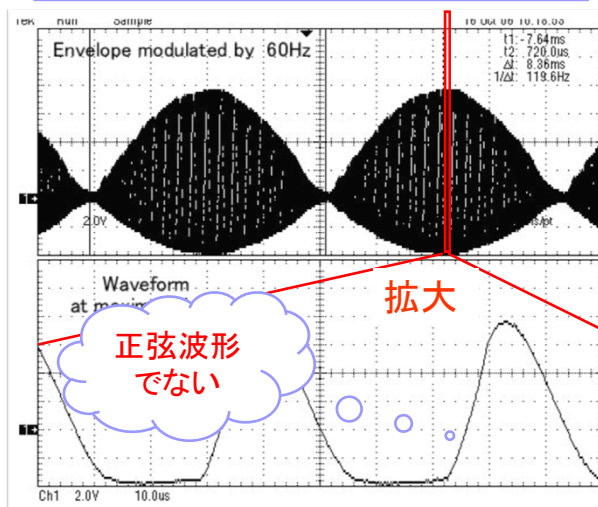
2011-2

33

測定方法規格化の必要性

第4回電磁界フォーラム

IH調理器加熱コイルからの磁界(dB/dt)波形例



IH調理器での磁界50μTはICNIRPに適合か？

モータ、トランスなどによる商用周波数(50Hz,60Hz)と加熱コイルの20kHzの磁界が混ざっている

測定した磁界をそのまま参考レベルと照合しても意味がない(参考レベル)
50Hz; 100μT
20kHz; 6.25μT

2011-2

34

5. IEC62233の概要について (TS C0044-2010; 公表2010-12-20)

家庭用電気機器及び類似機器からの人
体ばく露に関する電磁界の測定方法

電界の測定法は
検討中としている

TS:工業標準化法による技術仕様書

2011-2

35

適用範囲(スコープ)

- 対象製品
 - 白物家電といわれる製品全般
 - 機器の異常動作時には考慮しない
- 対象周波数
 - 300GHzまでが対象
 - 規定しているのは10Hz～400kHzの電磁界
 - 電界の測定方法は検討中
- 規定の内容
 - センサ、測定方法、機器の動作条件、測定距離と位置
 - 限度値はICNIRPガイドラインとIEEEを想定
 - 適合判定方法…結合係数(Coupling Factor)導入

2011-2

36

磁界センサと測定条件

第4回電磁界フォーラム

■ 磁界センサ

- 測定：測定面積100cm² の3軸直交等方向性感度

■ 測定距離と機器の動作条件

- 通常の使用状態での使用者（頭部と体幹）と機器間の距離
- 最大磁界発生での動作条件での測定を原則

2011-2

37

測定方法

第4回電磁界フォーラム

■ 標準の測定方法

- 周波数成分を基準周波数（例えば50Hzあるいは60Hz）に変換（**重み付けフィルターを使用して正規化**）して評価を行う時間領域評価（Time domain evaluation）

■ 代替簡易測定（判定）方法

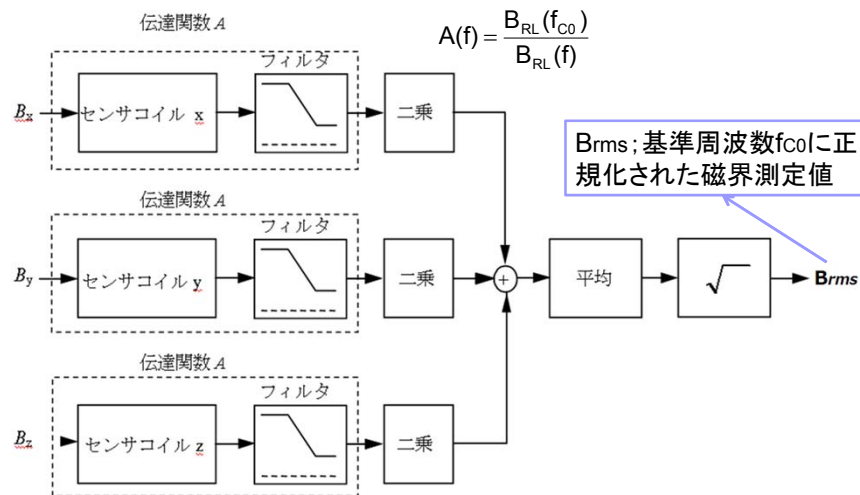
- 基本波が参考レベルの30%以下で高調波成分が減少傾向であれば適合

2011-2

38

時間領域評価の測定ブロック

第4回電磁界フォーラム

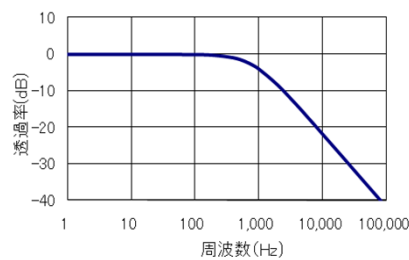
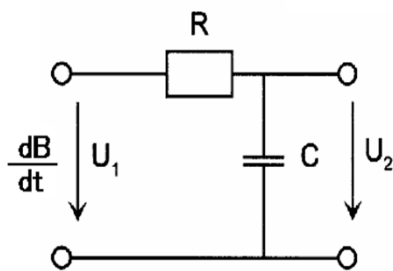


2011-2

39

重み付け回路(フィルター)例

第4回電磁界フォーラム



ICNIRP Statement: GUIDANCE ON DETERMINING COMPLIANCE OF EXPOSURE TO PULSED AND COMPLEX NON-SINUSOIDAL WAVEFORMS BELOW 100 KHZ WITH ICNIRP GUIDELINES より

2011-2

40

磁界と人体との閾値と限度値

第4回電磁界フォーラム

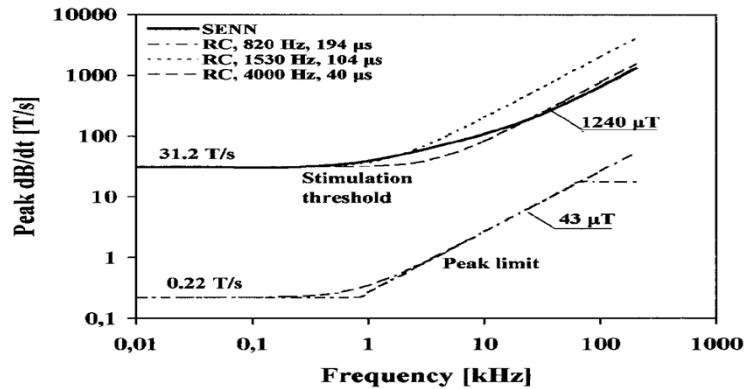


Fig. 3. Stimulation threshold and peak limit for a sinusoidal magnetic field as a function of frequency (Jokela 2000). The solid curve shows the stimulation threshold calculated with the SENN (spatially extended nonlinear nodal) model of Reilly (1998). The lower curve is the peak limit for occupational exposures.

ICNIRP Statement: GUIDANCE ON DETERMINING COMPLIANCE OF EXPOSURE TO PULSED AND COMPLEX NON-SINUSOIDAL WAVEFORMS BELOW 100 KHZ WITH ICNIRP GUIDELINES より

2011-2

41

IEC62233要求仕様適合測定器の例

第4回電磁界フォーラム



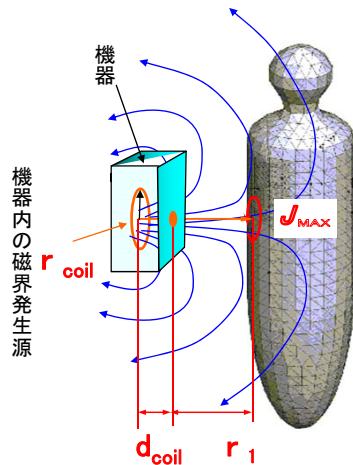
2011-2

42

結合係数; $a_c(r_1)$

第4回電磁界フォーラム

使用者の位置を想定した測定距離 r_1 での磁界センサーの面積を考慮した機器回りの非一様電磁界に対しての係数



参考レベル(B_{RL})と、体内に誘導される最大電流密度(J_{max})が、限度値と同じとなる測定値(B_m)との比を結合係数 $a_c(r_1)$ としている。
測定は、規定のセンサ(100cm²)を使用して規定の距離(r_1)で行う。

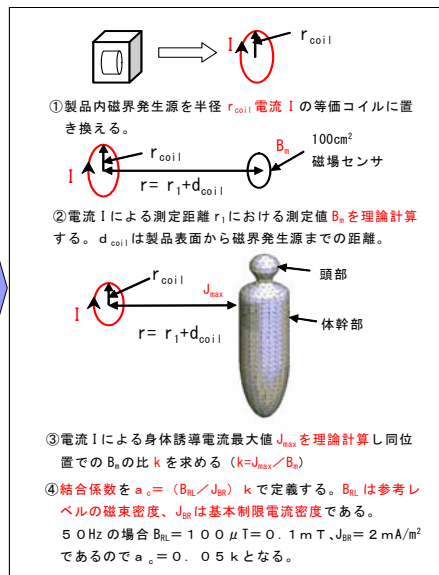
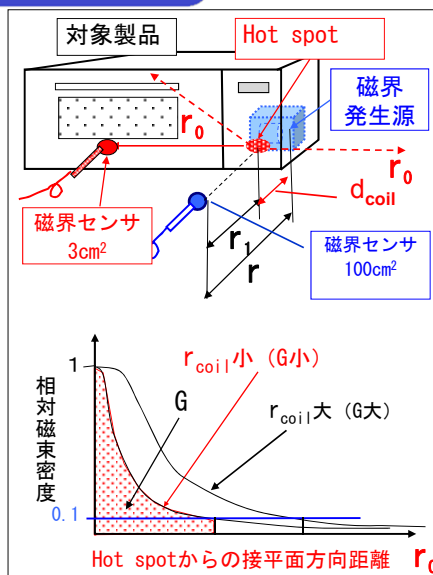
$$a_c(r_1) = B_{RL} / B_m$$

2011-2

43

結合係数の決定手順

第4回電磁界フォーラム



2011-2

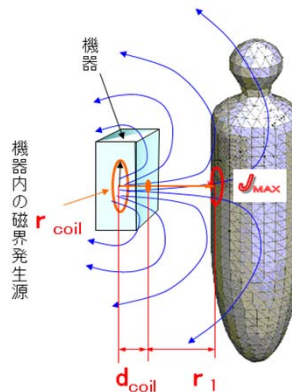
44

結合係数の最大値(厳しい判定)

第4回電磁界フォーラム

ICNIRP2010版の基本制限は
IEEEと同様体内誘導電界で設定

機器種類 ^{a)}	測定距離 r_1	結合係数 (ICNIRP)	結合係数 (IEEE)
小	0cm	1.00	0.330
大	0cm	0.15	0.048
小	10cm	0.14	0.043
大	10cm	0.16	0.051
小	30cm	0.14	0.043
大	30cm	0.18	0.056



a) 機器種類

小: 磁界発生源が、機器表面(測定方向)に接触している機器

大: 磁界発生源が、機器表面(測定方向)から10~40cm離れている機器

2011-2

45

限度値(基本制限)への適合判定の方法

第4回電磁界フォーラム

- 基準周波数に対して正規化した測定値(B_{rms})が基準周波数の参考レベル(B_{RL})を超えていない

$$W_n = \frac{B_{rms}}{B_{RL}} \leq 1$$

- 参考レベルを超えている場合には、結合係数を織り込んで判定 ($W_{nc} < 1$)

$$W_{nc} = a_c(r_1) \cdot W_n \leq 1$$

- 上記で不適合の場合は、誘導電流のより精細な計算を行い判定

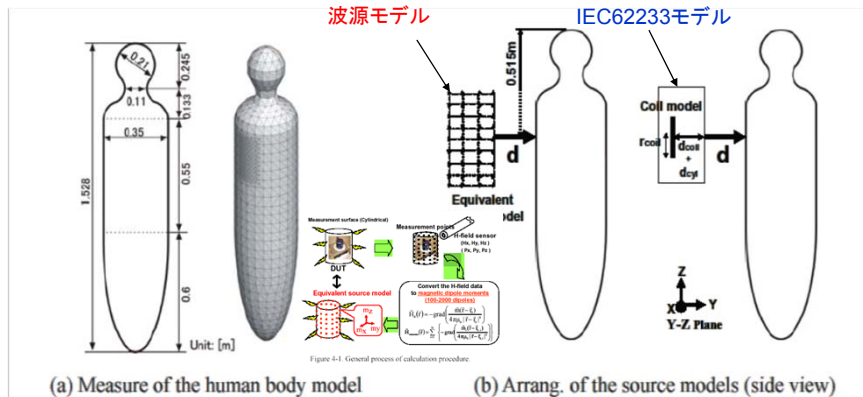
2011-2

46

より精細な誘導電流計算例(1)

第4回電磁界フォーラム

- IH調理器のIEC62233による結合係数は**0.18**
- より精細モデル(等価波源モデル)の計算では**0.12**



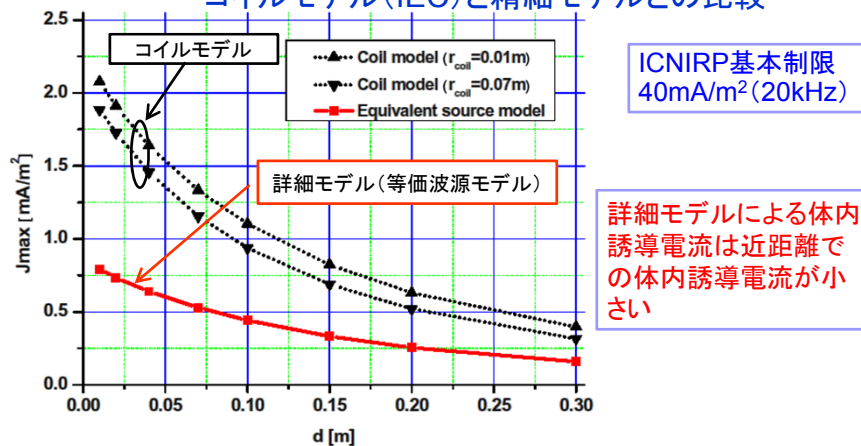
2011-2

47

より精細な誘導電流計算例(2)

第4回電磁界フォーラム

コイルモデル(IEC)と精細モデルとの比較



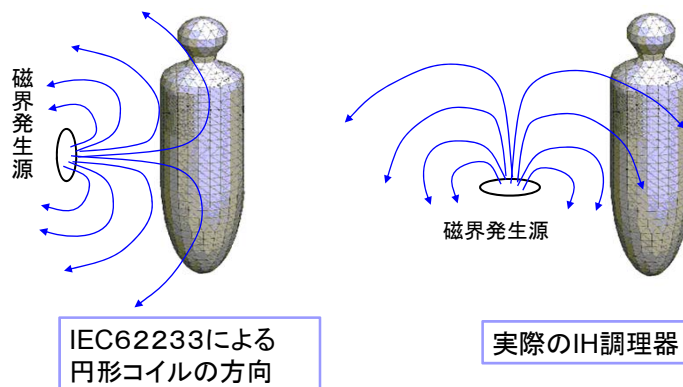
S. Nishizawa¹, F. Landstorfer¹ and O. Hashimoto Name: "Dosimetric study of induction heater using the coil source model prescribed by EN50366", Proceeding of 3rd International Workshop on Biological Effects of Electromagnetic Fields, Volume 2, pp.894-903 (2004).

2011-2

48

IH調理器からの電磁界

理由; IECモデル化のコイル向きと実際の向きが異なる



IEC62233のモデルと実際の加熱コイル

2011-2

49

6. 家電製品の電界と接触電流について

● 電界

電界の測定方法とICNIRPのガイドラインへの適合判定方法は、標準化されていません。電界は、人間の位置、大地との位置関係など周囲の条件により大きく変化します。

● 接触電流

電気機器に対しての接触電流はIECで測定方法が標準化されています。しかし、ICNIRPの条件による点接触とは異なる条件での測定です。

2011-2

50

電界強度の測定(測定器例)

第4回電磁界フォーラム

■ NARD社 EFA-300 (5Hz-32kHz)三軸等方 プローブ

- 5Hz-32kHz周波数帯域での
ICNIRPのガイド公衆の参考レ
ベルに対するの比(%)で測定

■ NARD社 EHP-200 (9kHz-30MHz)三軸等方プ ローブ

- 10kHz-110kHzの周波数帯域で
のFFT観測と電界強度測定



EHP-200 本体、光ファイバーケーブル、O/Eコンバータ

2011-2

51

電界強度の測定例(EHP-200プローブ)

第4回電磁界フォーラム



EHP-200プローブ
本体へは光ファイバーで接続

測定距離	10cm	20cm	30cm
測定値	35V/m	25 V/m	22V/m

!CNIRPガイド(2010年版)参考レベル:83V/m

2011-2

52

電界強度の測定結果 (EFA-300プローブ)

第4回電磁界フォーラム



EFA-300プローブ
本体へは光ファイバーで接続

- ICNIRPのガイド(98年版)公衆の参考レベル(87V/m) に対しての比(%)
- 基本制限に対しての比ではない

測定距離	10cm	20cm	30cm	バックグラウンド
測定値	50%	29%	25%	13%

!CNIRPガイド(2010年版)参考レベル:83V/m

2011-2

53

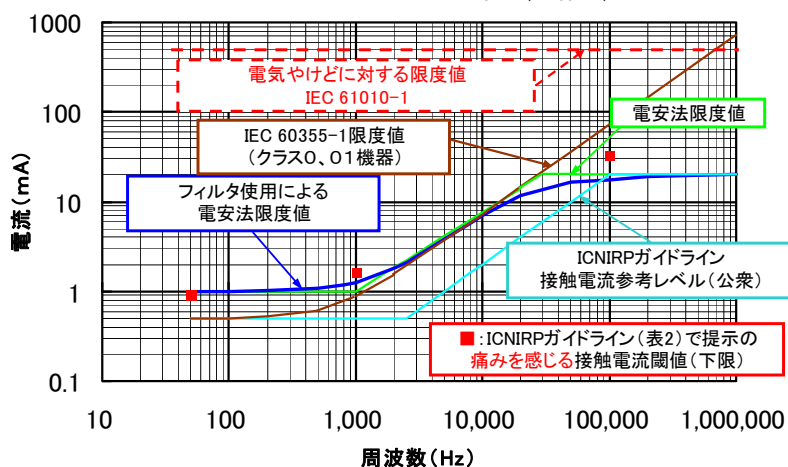
接触電流の許容値

第4回電磁界フォーラム

接触面積
IEC、電安法; 20cm × 10cm
ICNIRP; 点接触

$$\text{電安法} : \sqrt{\sum_n \left(\frac{I_n}{F_n} \right)^2} \leq 1$$

I_n : 各周波数(F)毎の電流測定値
 $F_n = 1 \text{ mA}$ ($F \leq 1 \text{ kHz}$)
 $= 10^{0.881 \log F} \text{ mA}$ (F はkHzで表現した周波数)
 $= 20 \text{ mA}$ ($F \geq 30 \text{ kHz}$)



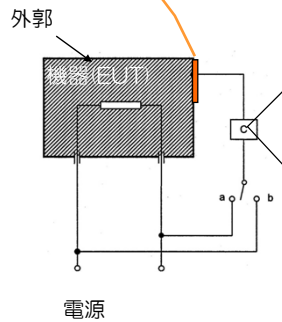
2011-2

54

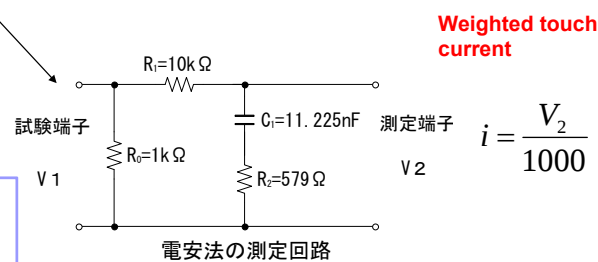
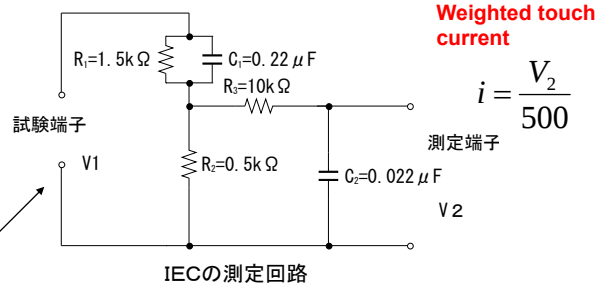
接触電流の測定方法(IEC、電安法)

第4回電磁界フォーラム

絶縁外郭には
20×10cmの導電
シートを貼る



人体の高周波に對しての感受性を模擬する回路



2011-2

55

IH調理器調理中鍋への接触電流例

第4回電磁界フォーラム



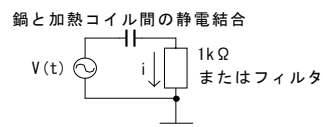
鍋からの接触電流
測定の配置

人体抵抗を模擬

出典: IH調理器からの電磁界の
振る舞いについて(EMC-06-13)

電源	200V 50/60Hz
消費電力	2kW

規格	許容値 (21kHz)	測定値
ICNIRP	4mA	0.9mA
電安法 IEC	15mA	



接触電流に対する等価回路

2011-2

56

7. ICNIRPガイドライン (1998年版と2010年版比較)

基本制限が体内誘導電流密度から誘導電界に変更される、対象が手足を含む全身に変更されるなど大幅な変更がなされました。

家電製品からの電磁界のような局所的、非一様磁界に対しては、ドシメトリ(ばくろ評価)法によることを2010年版は推奨しています。

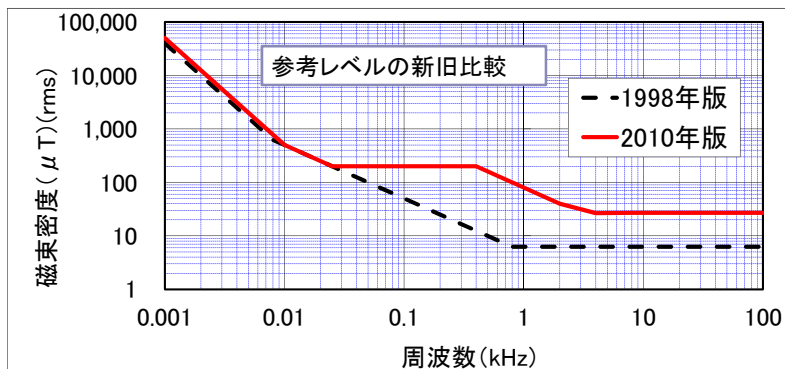
家電製品が2010年版の基本制限に対してどのようなレベルかは、今後の課題と考えています。

2011-2

57

1998年版と2010年版比較(公衆ばく露)

項目	1998年版	2010年版
基本制限	体内誘導電流密度	体内誘導電界
参考レベル	磁束密度、電界	磁束密度、電界
対象部位	頭部と胴体部の 中枢神経組織	全組織(頭部の中枢神経組織 には厳しい基本制限)

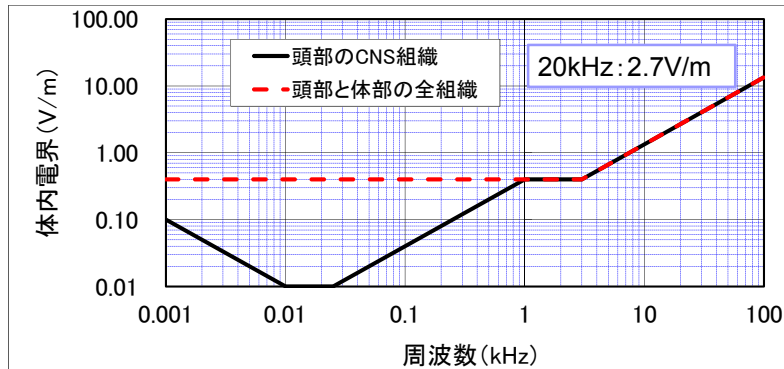


2011-2

58

2010年版の基本制限(公衆ばく露)

第4回電磁界フォーラム



CNS: 中枢神経系

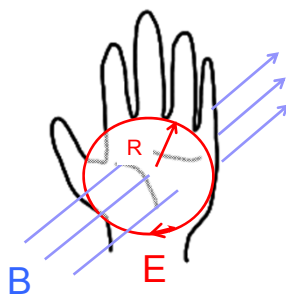
2011-2

59

外部磁界による手のひらの誘導電界

第4回電磁界フォーラム

均一導電率を想定して試算



$$E = \pi R f B$$

$$B = \frac{E}{\pi R f}$$

周波数 $f=20\text{kHz}$

基本制限の体内電界 ($E=2.7\text{V/m}$) に対応する外部磁界は ($B=860\mu\text{T}$)

参考レベルの $21\mu\text{T}$ より大きい値

IH調理器のごく
近傍でもこのよう
な大きな磁界で
はない

IEEEでの手足に対する
参考レベルは $1,130\mu\text{T}$

2011-2

60

ご清聴ありがとうございました

2011年2月

電磁界との共存について ー電磁界のペースメーカーへの影響を中心にー

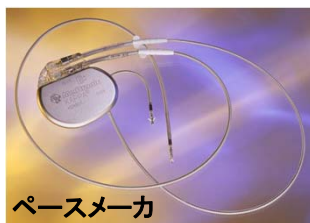
日本メトロニック株式会社
カーディアックリズムディジーズマネージメント

テクニカルフェロー 豊島 健

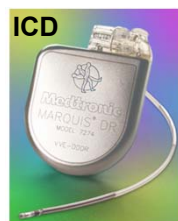
日本不整脈学会 電磁干渉／不具合に関する検討委員会 委員長

1

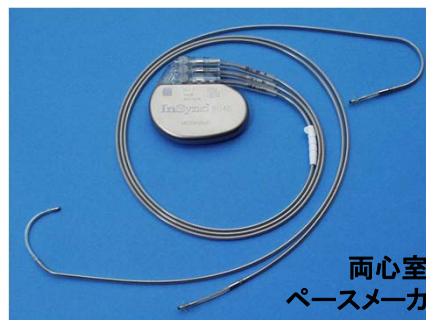
ペースメーカーの仲間



ペースメーカー
脈が遅くなる不整脈の治療



ICD
脈が早くなりすぎる
不整脈(心室細動)の治療

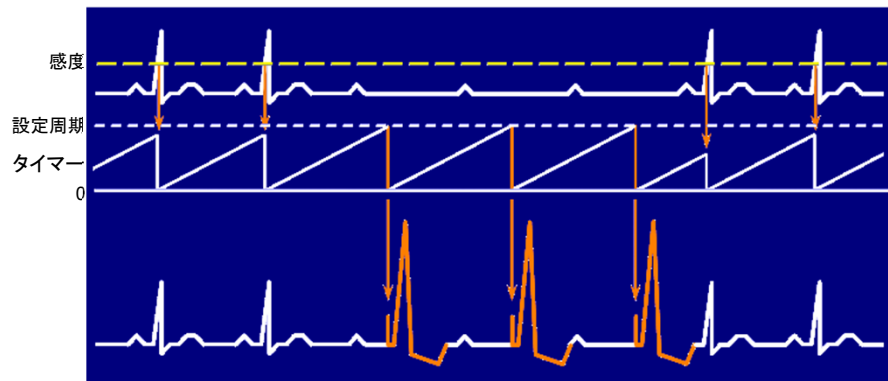


両心室
ペースメーカー
左右心室の拍動がずれてしまうための
心不全の治療

- これらはいずれも**他の治療方法**より
効果が高いことが実証されている
医療機器。

2

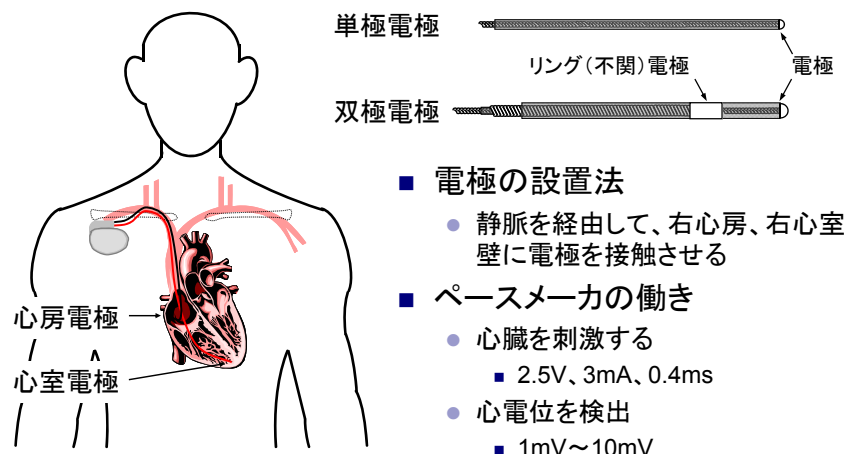
ペースメーカーの動作



- 心電図を監視し、設定された周期内に心電位が検出されないと、周期の最後に心臓を刺激する。

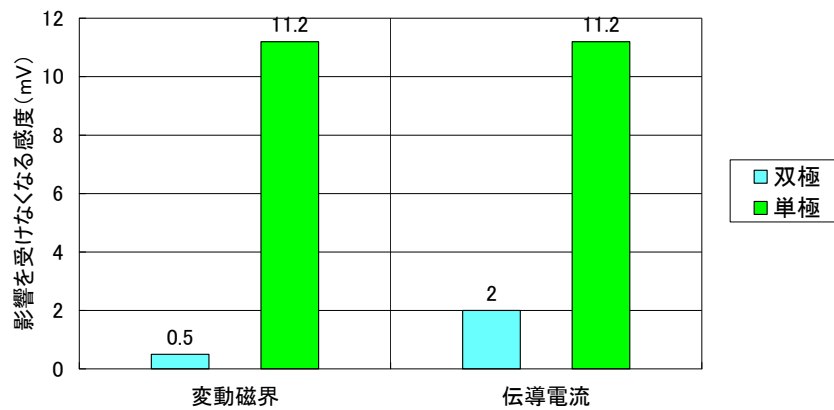
3

ペースメーカーの働き



4

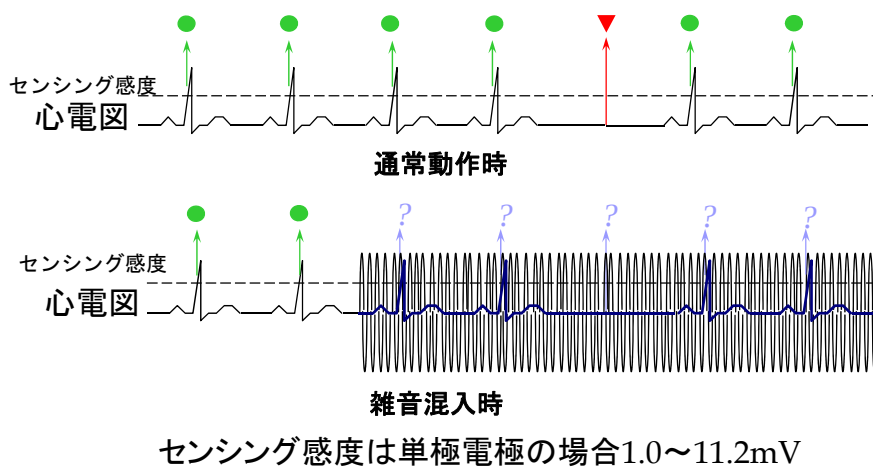
単極/双極によるEMIの影響の相違



- 双極電極は単極電極に比べ、6～10倍影響が小さくなる。
- ICDは全て双極電極であるが、感度が10倍程度高い。
- EMIへの耐性はペースメーカー、ICDともにほぼ同じ。

5

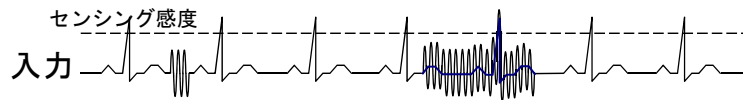
電磁障害では 心電図に雑音が混入する



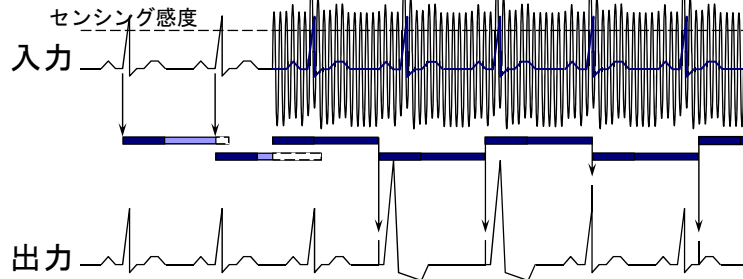
6

一定振幅以上の信号の検出

通常時動作



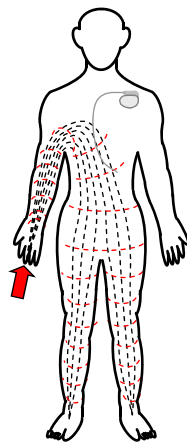
EMIモード動作



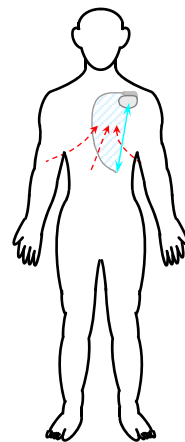
7

人体への雑音混入経路

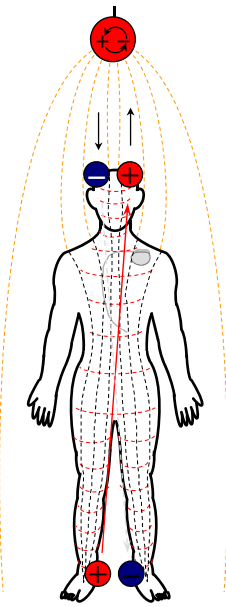
体に伝導電流が流れる



体に変動磁界が及びせられる

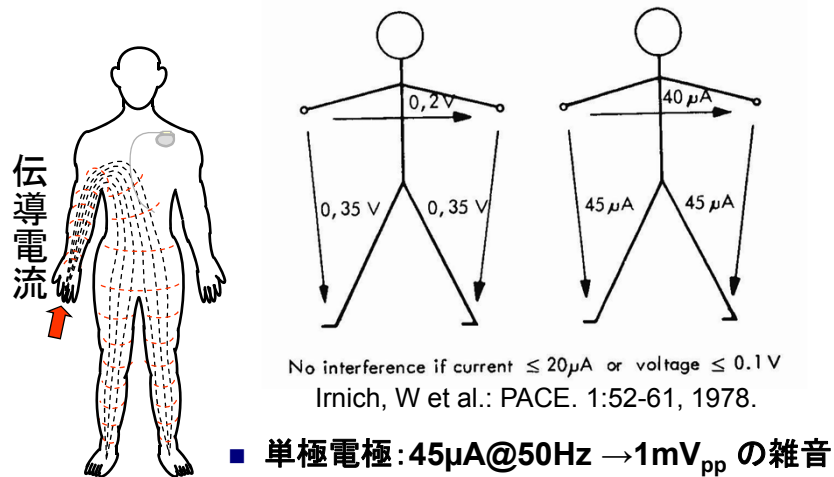


体に高電圧交流電界が及びせられる



8

人体への雑音混入経路(I) 伝導電流



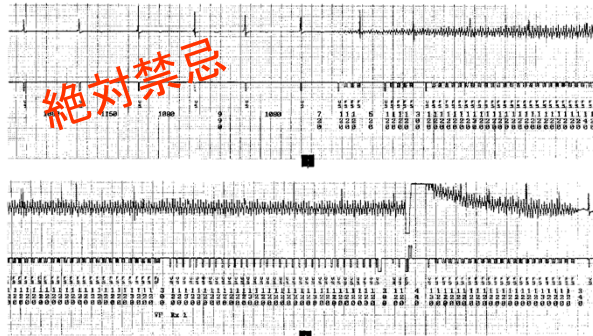
9

= 伝導電流 = 電気器具からの漏電



10

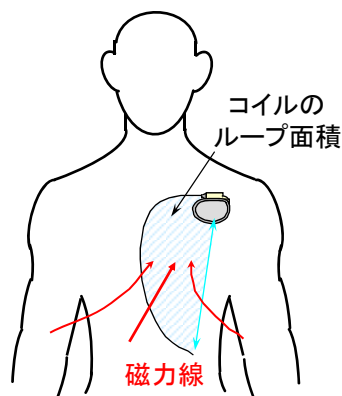
= 伝導電流 = 低周波治療器の影響



- ペースメーカでは連続抑制、ICDではショック放電を生じる。
- 電気ブロも危険！

11

人体への雑音混入経路(Ⅱ) 変動磁界



- 単極リードは電極・不関電極間の生体組織を含め、1回巻きコイルを形成する。
- このコイルに変動磁界を照射されると、磁界強度、ループ面積、周波数に比例した起電力が生じる(発電の原理)。

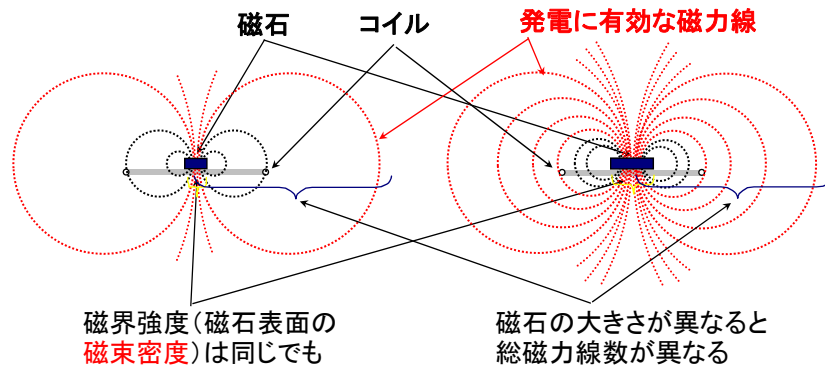
- 単極電極: $0.2G_{rms}$ @50Hz $\rightarrow$ 1mVpp の雑音 (ループ面積 573cm² 時)

Irnich, W et al.: PACE. 1:52-61, 1978.

12

= 変動磁界 =

磁界強度と磁力線の関係

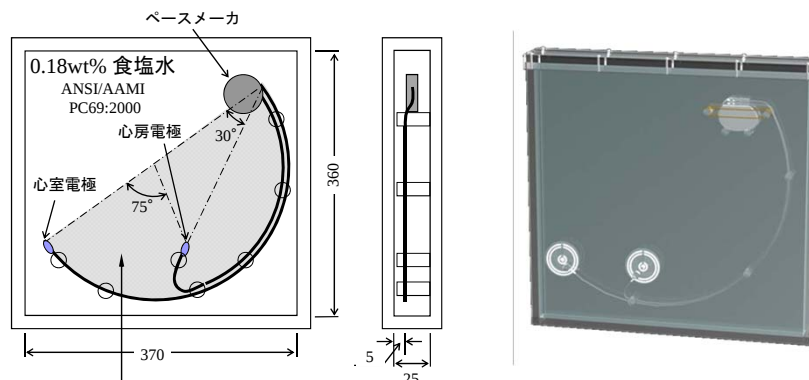


- 同じ強さ(磁束密度)の磁石でも、発生する磁力線の数には大きさによって変わる。
- 形状の大きな磁界発生源は弱いものでも影響する。

13

= 変動磁界 =

Irnich の人体モデル



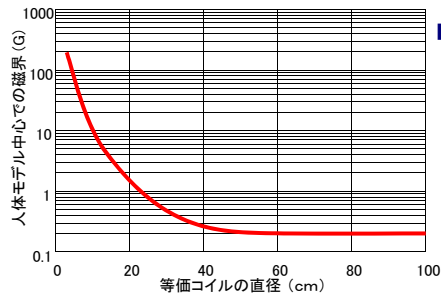
Irnich, W: PACE. 7:1021-1048, 1984.

- 臨床での実測ループ面積: 平均199cm² [119~366cm²]

14

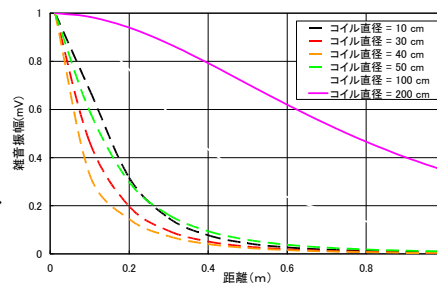
= 変動磁界 =

磁界発生源の大きさの影響



- 磁界発生源が大きいほど、弱い磁界でも影響する。

- 磁界発生源が大きいほど、離れても減衰しにくい。



15

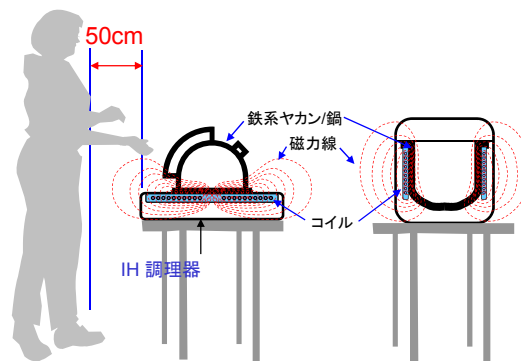
= 変動磁界 =

IH調理器／炊飯ジャー

IH調理器



IH炊飯ジャー

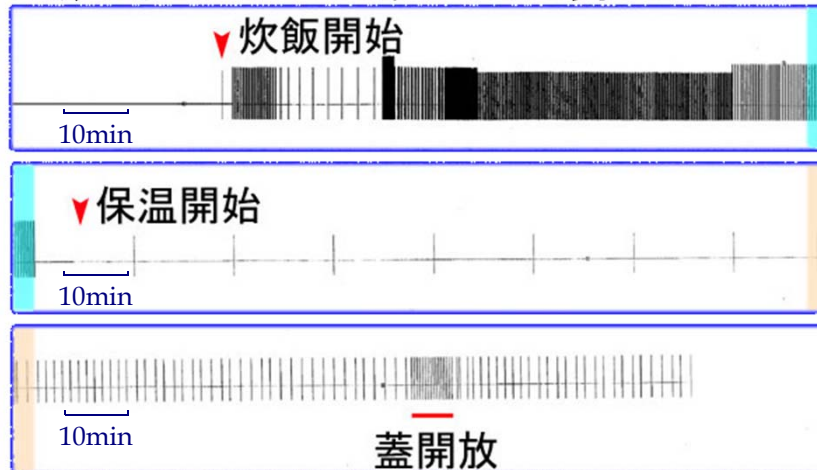


- 通電中のIH調理器/炊飯ジャーから**50cm以上**離れる。
- 保温中の炊飯ジャーは**蓋を開ける時が要注意**。

16

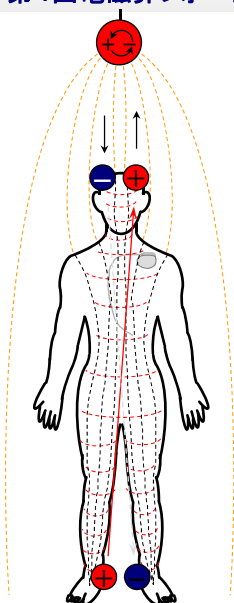
= 変動磁界 =

IH炊飯ジャーの発生磁界



IH炊飯ジャーの使用で、頻繁にモードスイッチが作動した報告あり
 T. Nagatomo et al.: Int Heart J, 50:133-137, 2009.

17



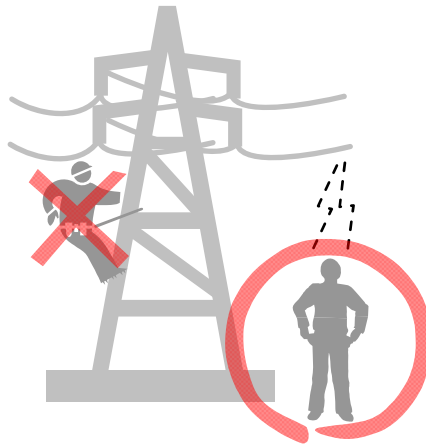
人体への雑音混入経路(Ⅲ) 高電圧交流電界

- 人体が高電圧交流電界に曝されると、体内の荷電粒子（電子／イオン等）が振動し、体内に電流が流れる。
⇒ **伝導電流**と等価
- 電界強度が変動しない直流電界は影響しない

- 電界強度: 5kV/m@50Hz → 体内電流: 50μA
 Butrous, G S et al.: J. Roy. Soc. Med. 75:327-331, 1982

18

= 高電圧交流電界 = 高電圧送電線



■ 経済産業省令「電気設備に関する技術基準」第112条(1976)

- 人が容易に立ち入る場所の地上1mでは、**3kV/m**以下とする。

■ ペースメーカーで感じ始めるレベルは **5kV/m**。

■ 市街地では問題になることはない。

19

= 高電圧交流電界 = その他の高電圧源

■ 電位治療器(交流)

- **100μA以上の体内電流**
- **使用禁止**

電位治療器: 5k~30kV



電位療法布団: 5kV



■ 新幹線の架線(交流)

- 交流25kV@60Hz、地上5m
- 在来線の交流架線は20kV
- フェンスの外、踏切等は**問題なし**
- 車両基地の架線の下は**進入禁止**



新幹線架線: 25kV(在来線区間は20kV)

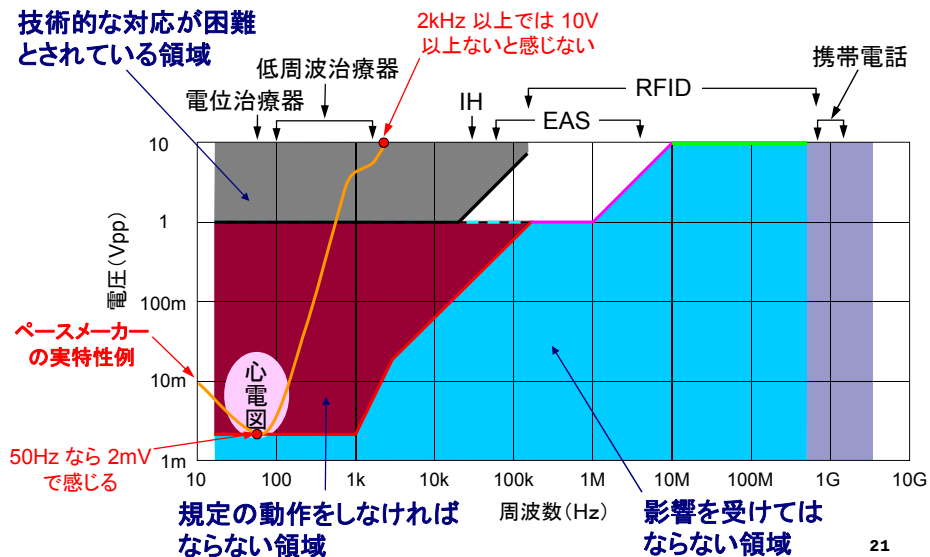
■ 電車の架線

- 一般の架線は直流1.5kVが多い(一部交流)

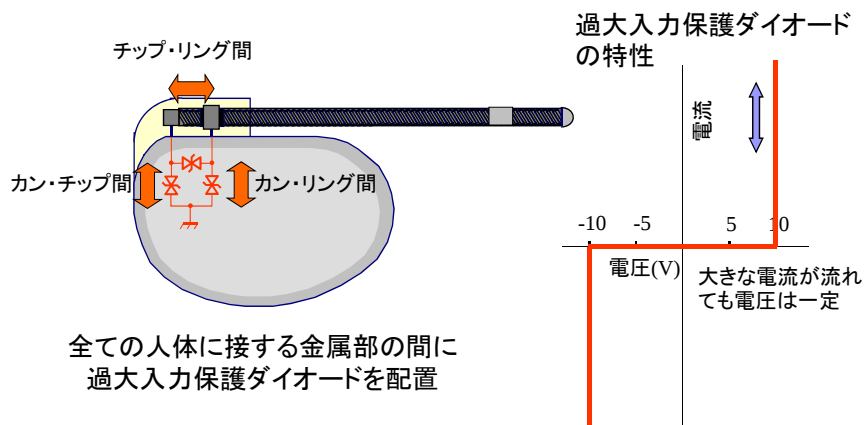
20

ペースメーカーのEMC規格と実際の特徴

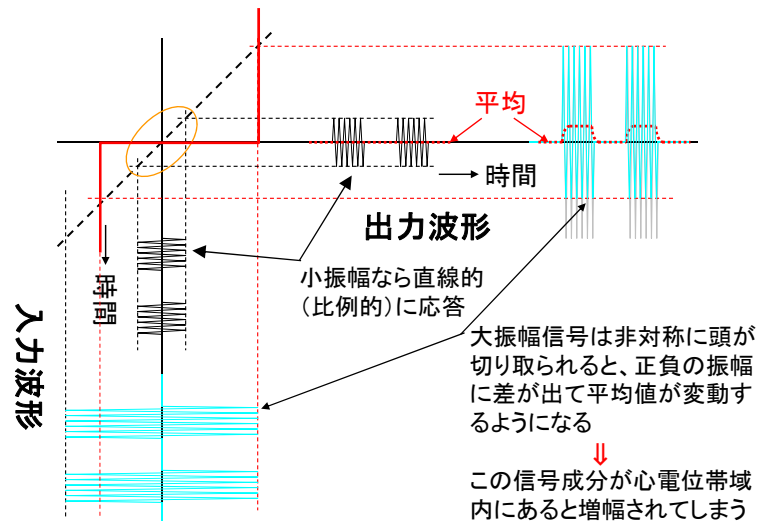
技術的な対応が困難
とされている領域



過大入力保護ダイオード



過大入力に対する非線形応答



23

携帯電話の試験結果



■ 繰り返されている試験

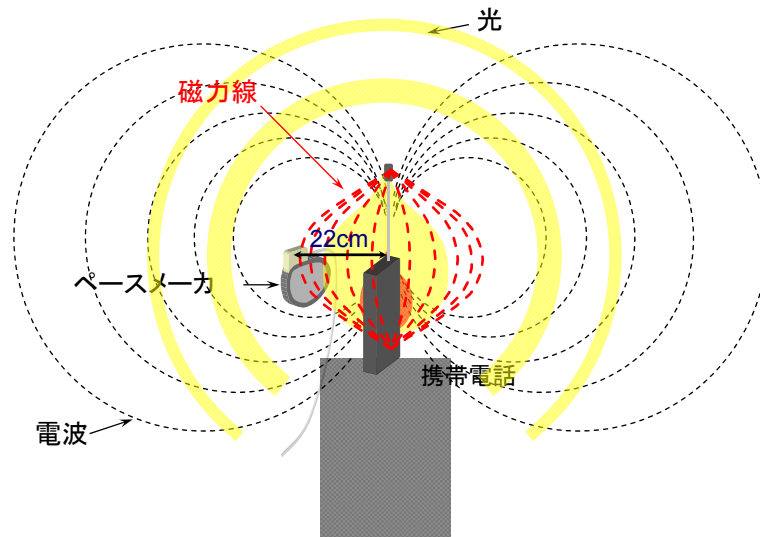
- 平成7～9年
 - 不要電波問題対策協議会(現: 電波環境協議会)
- 平成12年以降新しい電波方式をすべて調査

■ ガイドライン

- 携帯電話はアンテナの付け根をペースメーカーから22cm離して携行／使用する

24

携帯電話とローソク



25

ワイヤレスカードシステム

- 平成14年
- ガイドライン
 - JRのスイカ/イコカ、部屋、家等の出入り用のセキュリティ・カード、バスのカード等の読取器は、ペースメーカーから12cm 離して下さい。



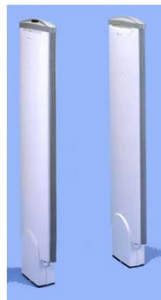
26

EAS(電子商品監視装置)

■ 平成14~15年



図書館



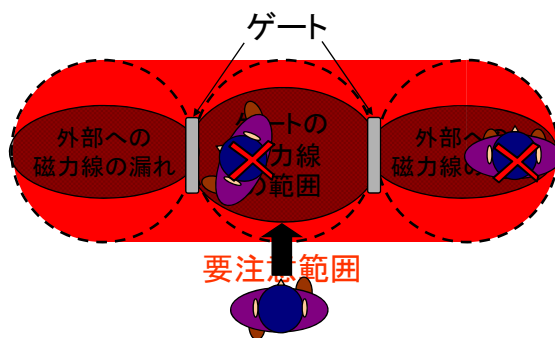
PC/電器量販店



CDレンタルショップ

27

EASのガイドライン

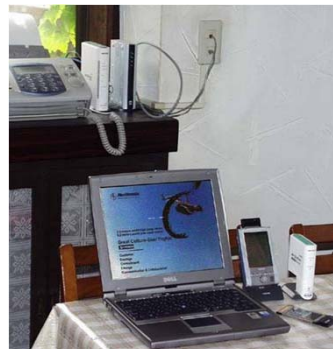


- ゲートの外側にも磁力線は漏れている。
- ゲートの中央を正面を向いて、立ち止まらずに通り過ぎる。
- ゲートに近付いたり、体をゲートの方に向けない。
- 待ち合わせなど長居をする場合は、3m以上離れた場所で!!

28

無線LAN

- 平成15年
- ペースメーカー、ICDともに、影響は認められなかった。



29

RFID

- 平成15～16年度
- ガイドライン
 - ゲートタイプ: EASと区別が困難でEASより大きい影響はなかったため、**EASのガイドライン**を適用する。
 - 他のタイプ: **22cm以内**の距離に近づけない。



ゲートタイプ



ハンディタイプ



据置きタイプ

30

EAS、RFIDゲートの表示

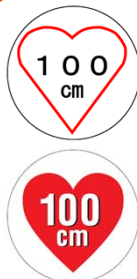


31

新たなRFIDの影響

■ 新たな干渉源

- 据置きタイプRFID
- 高出力型950MHz帯パッシブタグシステム
- 100cmガイドライン



32

電磁干渉ガイドラインの意味

= 駅のホームの黄色い線と同じ =



- 選択できる範囲で最も影響を受けやすくして試験する。
- 30秒間に1拍でも影響が見られれば影響ありと判断(すぐに影響が現われるものではない)。
- 一番遠くまで影響を受けた事例に、**2倍**のマージンを付加。
- ガイドラインを守れば**絶対に影響を受けない**。
- ガイドラインを守らないと、すぐに影響が出るというものではない。