

電磁環境調査と電磁波防護服の評価試験報告書

不二製油株式会社 御中

平成 22 年 9 月 30 日

調査項目	漏洩電磁界の測定と電磁波防護ベストの評価
調査実施場所	不二製油株式会社 関東工場 茨城県笠間市安居(アゴ) 2600-8
調査日	2010 年 9 月 21 日
依頼主	不二製油株式会社 関東工場 西川敏工場長
調査使用機器	高周波電磁界測定装置 NBM-520、NardaSTS 社(ドイツ)製 (製造番号：C-0130) 低周波電磁界測定装置 ELT-400、NardaSTS 社(ドイツ)製 (製造番号：J-0048) 磁界計測器 TM-701、カネテック(株)社製 (製造番号：5571) 電磁波防護服評価用人体ダミー、自社製
調査実施者	メディカル・エイド株式会社 松井英樹
担当営業	メディカル・エイド株式会社 長郷浩行

報告者 住所 大阪府和泉市テクノステージ 3-1-1
いずみテクノサポートセンターRF205
名称 メディカル・エイド株式会社
代表者氏名 代表取締役 松井 英樹

本報告書の内容は、報告書に記載されている方法、場所及び器材で調査試験を行った結果について述べているものである。

目 次

はじめに（ICDの基礎知識）	1-2
1. 試験の目的	3
2. ICDの電磁干渉に関する基礎知識	3
(ア) ICDの電磁干渉（EMI）とは	3
(イ) ICDのEMI発生原因	3
(ウ) 電磁ノイズ混入経路1	4
① 伝導電流	
② 変動磁界	
③ 交流電界	
(エ) 電磁ノイズ混入経路2	6
① 静磁界（磁石）	
② 高周波電磁界	
(オ) ICDのEMIと患者様への影響	7
① 交流電磁界の影響	
② 磁界の影響	
③ 高周波電磁界の影響	
④ ICDのペーシング機能依存度による影響の違い	
3. ICDのEMIガイドラインと電磁環境調査	8
(ア) ICDのEMIガイドライン	8
(イ) 計測機器による電磁環境調査	8
設備・機器からの漏洩電磁界測定結果表	10
(ウ) 電磁波防護服評価用人体ダミーによる電磁波防護服の評価試験	11
① 6万V変電所内トランス	
② 湿式電磁分離器	
③ 湿式電磁分離器のポンプモーター部	
④ ホリゾンタルミキサーモーター部	
⑤ 梱包コンベアモーター部	
電磁波防護服評価用人体ダミーによる性能評価試験結果表	14
(エ) イルニツヒ型人体ダミーによるICD電磁干渉影響調査	15
4. △△△様が装着されているICDの電磁干渉に対する安全性の考察	15

はじめに（ICDの基礎知識）

本報告書を理解して頂くために、はじめにICDの基本機能についてご説明いたします。

1. 抗頻拍ペーシング

ICDの基本機能の主体は致死性頻脈（心室細動と心室頻拍）に対する除細動（電気ショック）と抗頻拍ペーシングです。

抗頻拍ペーシングは、心室頻拍よりも早い心拍数でペーシング（心臓を電流で刺激）して心室頻拍を停止させる方法で、心室頻拍のときの第一段階もしくは第二段階までに行うペーシング治療です。

この方法は、心室頻拍の出現時に意識消失のない患者さんにとっては苦痛のない方法です。

2. 心室頻拍における除細動（電気ショック）

抗頻拍ペーシングで心室頻拍が停止しない場合は、第三段階として小さな電気エネルギーから電気ショックを開始し、心室頻拍が停止するまで徐々に電気ショックのエネルギーを上げていく電気ショック治療です。

この方法は、意識消失のない患者さんにとっては強い衝撃や痛みを感じます。

3. 心室細動における除細動（電気ショック）

心室細動の場合は最初から最大のエネルギーで電気ショックを行います。心室細動の場合は意識がありませんので最大のエネルギーでも苦痛を感じません。

4. Post shock pacing

電気ショックで心室細動や心室頻拍が停止したあとは一時的に心停止となり自己の脈拍が出ない場合があります。それをバックアップする方法として一時的にペーシング（心臓を電流で刺激）して脈を補助する機能を備えています。これを post shock pacing と言います。

通常は脳への血流を最低限確保できるだけの脈拍数に設定しますので、post shock pacing の設定は必ず必要で、大体 40 回/分程度に設定しています。除細動後は一時的に心臓の反応が鈍くなることがあるので、高出力でペーシングするように設定し、一時的にペーシングする時間も設定します。自己の脈拍が 40 を越えれば待機状態となります。

5. Brady pacing 機能

ICDはペーシングの機能をさらに充実させて、洞不全症候群や房室ブロックなど脈が遅くなる病気を合併した人にも使用できるように Brady pacing 機能（ペースメーカーと同様な徐脈治療機能）を備えております。これは post shock pacing 機能とは別の機能です。Brady pacing 機能を活用されている患者様が ICD 作動後にもとの徐脈（洞不全や房室ブロック）にもどれば Brady pacing 機能に移行します。

Brady pacing 機能はペースメーカーと同じ設定ができますが、ICDの場合、通常のペースメーカーと違うところはペースメーカーの作動方法の選択としてDOOやVOO（一定のペーシング刺激を出す設定）などの作動方法はありません。

ただし電磁干渉（EMI）などのノイズを認識したときは自動的にペースメーカーの作動方法をVOOやDOOに変更する機能が備わっています。この機能はON・OFF可能ですが、通常は設定時にこの機能をONにしています。ただしメーカーによってはこの機能がない機種も存在します。

この機能はpost shock pacing が働いている時も有効です。本患者さんに植込まれているSJMのATLASもこの機能を備えています。しかしEMIをうまく認識できた時はVOOやDOOに自動的に変更してくれますが、ときにうまく認識できずにペーシングを中止したり、よけいなペーシングをしたりする場合があります。

ICDの設定は、頻脈治療の設定、post shock pacing の設定、Brady pacing の設定の3つが必要です。

徐脈（洞不全や房室ブロック）がなくペースメーカーとしての徐脈ペーシングの必要がない人はBrady pacing をoff でもいいですが、ショック後に何らかの原因で徐脈が長く続く場合も想定してBrady pacing の脈拍数の設定を40～50/分に設定しておきます。

post shock pacing は、ショック後に作動する時間を30秒から1分以内に設定しますのでその間はpost shock pacing 機能が働き、時間がくればBrady pacing 機能に移行します。

以上がICDの基本機能で、ICDのペーシング機能は通常のペースメーカーのようにEMIを受けないように工夫されていますが、ICDの頻脈治療の機能はまだそこまで保護されておらず、EMI時には不適切な作動につながってしまうことがあります。

1. 試験の目的

ICD（植え込み型除細動器）を埋め込まれておられる△△△様の職場環境において漏洩磁界を発生している可能性が推測されたため、ICDに影響をおよぼすほどの電磁界が存在するか調査をおこない、漏洩電磁界が大きかった設備や機器に対して人体ダミーを使った電磁波防護服の性能確認試験を実施しました。

2. ICDの電磁干渉に関する基礎知識

(ア) ICDの電磁干渉（EMI）とは

心臓 ICD は、心室頻拍、心室細動などの致命的な不整脈が起こった時に自動的にペースティング、除細動(電気ショック)を行って不整脈を止めるための装置です。

ICD は、刺激の発生を適切に制御するために、心臓に通電するための刺激電極で、心電位を監視しています。

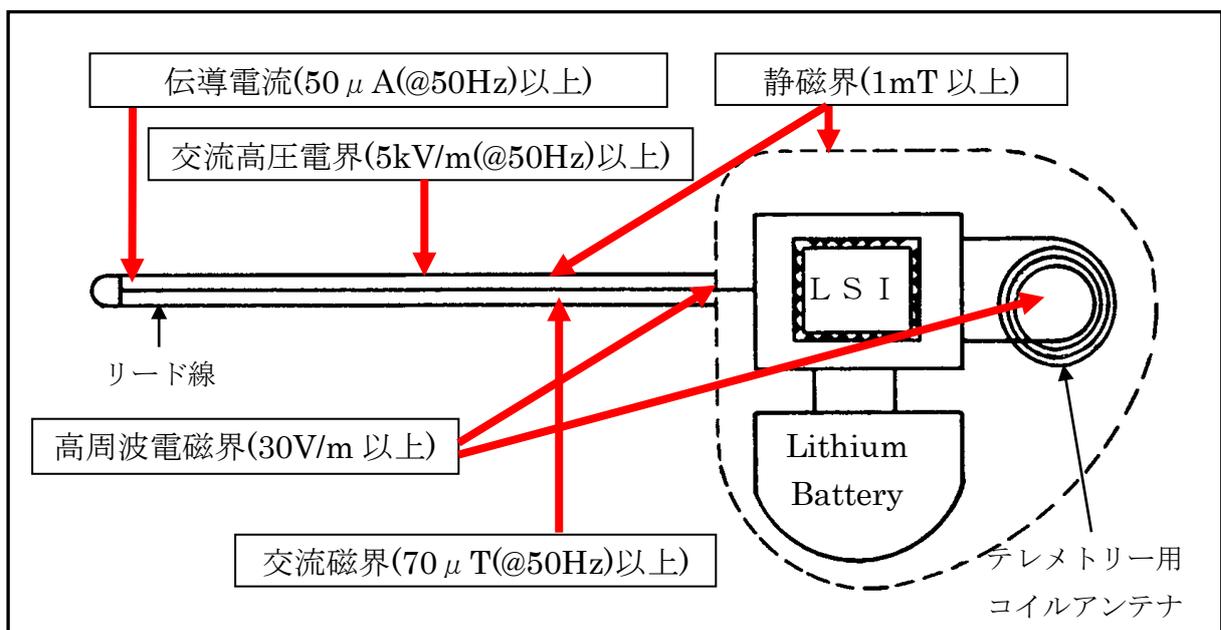
この電極に外部からの要因によって起電力が誘起された場合、それが心電位と共通の性質を持つ場合には誤動作の原因となります。

このような現象を ICD の電磁干渉（EMI=Electro Magnetic Interference）とよんでいます。この EMI の原因となる外部的要因には電界と磁界の影響があり、それぞれに異なった性質を持っておりその防御方法も異なります。

このような問題を取り扱う分野を電磁環境工学（EMC = Electro-Magnetic Compatibility）とよんでいます。

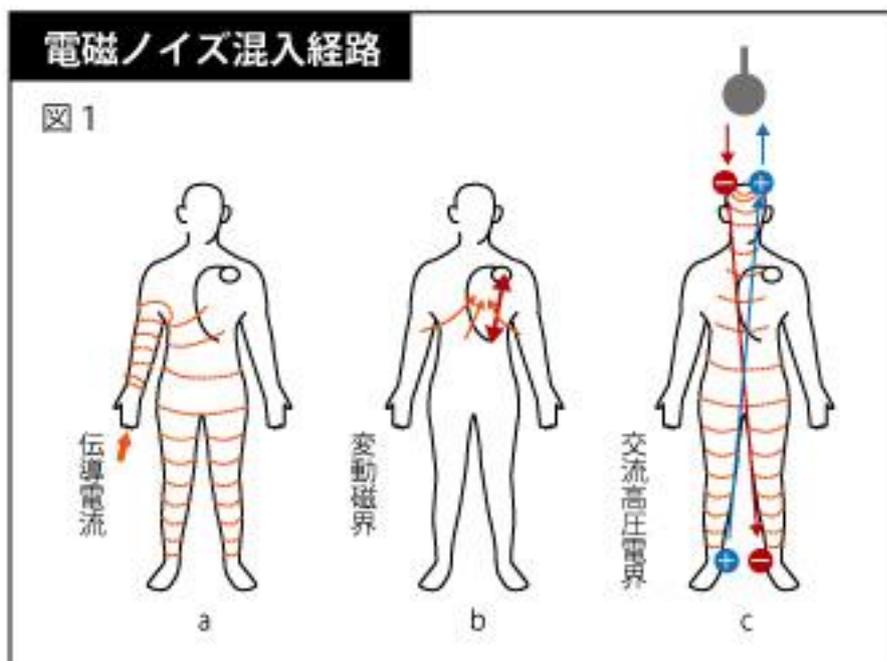
(イ) ICDのEMI発生原因

ICD は、心電位を検出しながら、刺激の発生を制御しているため、心電位と紛らわしいノイズが混入すると、予想から外れた動作（誤動作）をすることがあります。このようなノイズが混入する経路には、以下のような5種類（伝導電流、交流磁界、交流電界、高周波電磁界、静磁界）があります。



(ウ) 電磁ノイズ混入経路 1 (伝導電流、交流磁界、交流高圧電界)

ノイズ混入経路として、まず、ICD が誤動作する可能性がある 1mV 以上のノイズが入力する経路について説明いたします。



- ① 伝導電流 … a 図は、人体に直接電流が流れる場合で、家電製品からの漏電、低周波治療器、通電式の鍼麻酔、電気メス、除細動器などが相当します。生体に電流が流れると、生体の電気抵抗のため、電流の流路に電圧降下が生じ、ICD の関、不関電極間の電位差が入力振幅になります。通常、人体に $50\mu\text{A}$ (マイクロアンペア) の電流が流れると、1mV のノイズが入力されます。※電磁波防護では感電を防ぐことはできません。
- ② 変動磁界 … b 図は、人体に変動磁界が照射された場合で、大型のモーター、大電流の溶接機や変電設備、電磁調理器 (IH 調理器) や磁気浮上リニアモーターカーなどの影響が相当します。単極のリード線は、関、不関電極間の生体組織を含めて、1 回巻きコイルを形成しています。このコイルに変動磁界が照射されると、発電機と同じ原理で電圧が誘起されます。周波数 50Hz の場合、 $70\mu\text{T}$ (マイクロテスラ) ※で 1mV のノイズが入力されることとなります。※この数値は人体内での数値なので発生源の数値としては $100\mu\text{T}$ 以上となります。
- ③ 交流高圧電界 … c 図は、人体が高電圧の交流電界に曝された場合で、高電圧送電線に近付いた場合などに相当します。この場合、電界の変動に応じて体内の荷電粒子 (電子やイオン) が移動 (振動) することで、体内に電流が流れた場合と同様の現象が起こります。電界が 5kV/m で、体内に $50\mu\text{A}$ (マイクロアンペア) の電流が流れたのと同じになり、単極のリード線では 1mV のノイズが入力されます。

これらのノイズの混入は、すべて単極電極（単極リード線）の場合であって、双極電極（双極リード線）の場合には、いずれも影響が約 1/6～1/10 と小さくなります。△△△△様の ICD は双極電極設定であるのでこれらの数値よりさらに影響が小さくなるといえます。

1mV のノイズが入力される数値は以下の通りです。

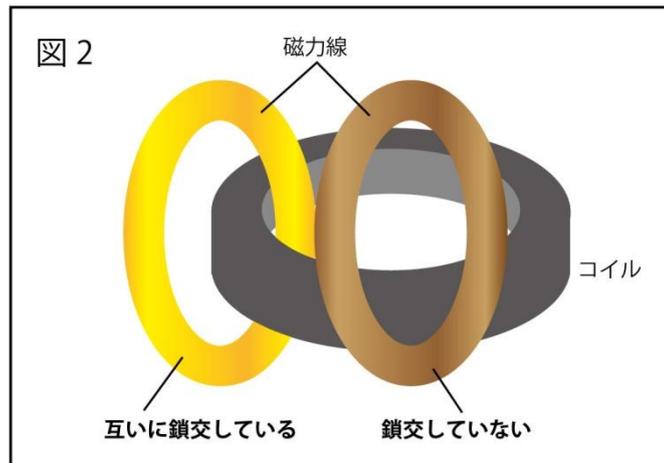
<表 1 >

ノイズの種類	単極リード線	双極リード線
伝導電流	50 μ A	300～500 μ A
変動磁界	70 μ T(100 μ T 以上)	400～700 μ T
交流高圧電界	5kV/m	30～50kV/m

ICD に対する、交流磁界の影響を図 2 の交流磁界の鎖交を模した模式図で説明いたします。

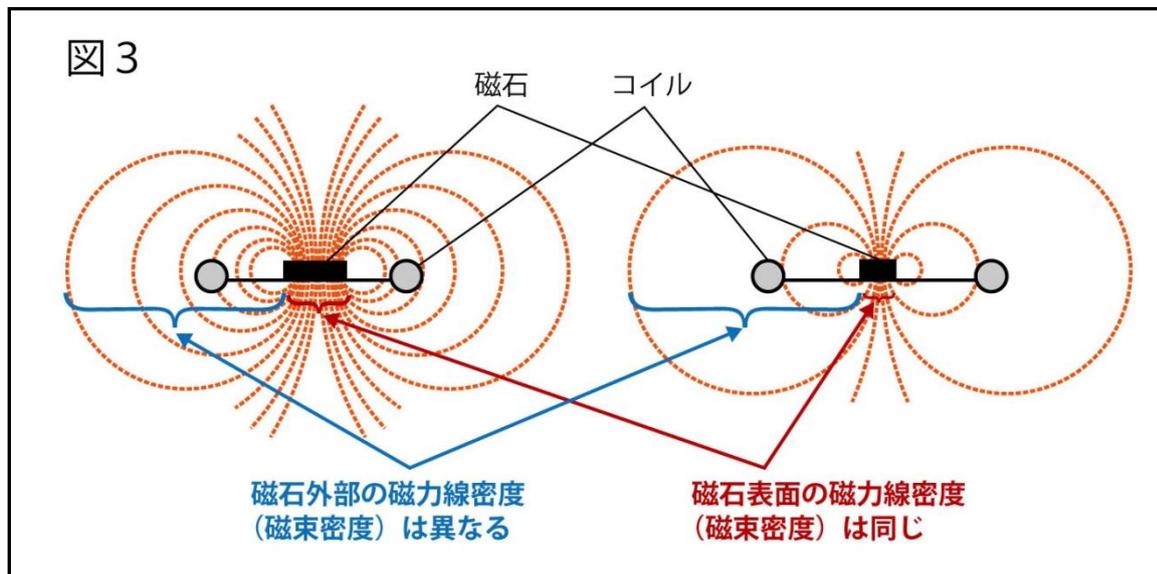
ICD のリード線は、開、不閉電極間の生体組織を含めて、1 回巻きコイルを形成し、人体に変動磁界が照射された場合、発電機と同じ原理で、このコイルに電圧が誘起されることはすでに述べた通りです。

しかし、発電に寄与する磁力線は、図 2 で「コイルと鎖交している」と説明されているもので、「鎖交していない」磁力線は無関係となります。



一般的に磁力の値は G（ガウス）または T（テスラ：1T=10,000G）と言う磁束密度で表されます。ここでよく間違い易い事は磁束密度が大きいほど磁力は強いのですが、磁界が大きいことは限らないことです。つまり、同じ密度で磁力線を発生している磁石であっても、鎖交磁力線の数は、磁石の形状、大きさで変わります。

図 3 の場合、コイルの中の磁石から出てコイルの中を通過して磁石に戻る磁力線は鎖交しませんが、その他は全て鎖交しています。

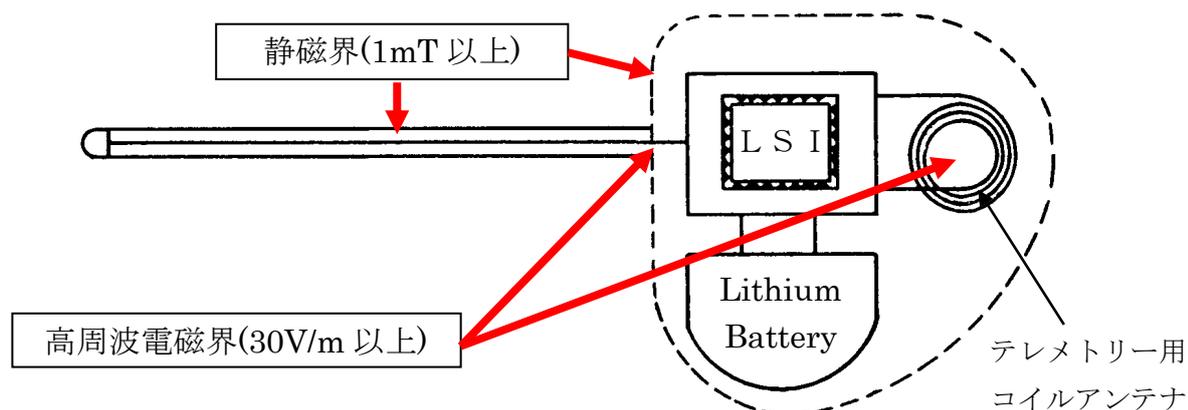


同じ磁束密度の磁界発生源でも、その形状が大きいほど影響がおおきくなります。

当社が開発した電磁波防護服は、リード線が作るコイル面を広帯域シールドシート（静磁界から数十GHzの広い範囲でシールド性能を持っている）で遮蔽し、コイルを交差する磁力線の量を減らしています。

(エ) 電磁ノイズ混入経路 2（静磁界、高周波電磁界）

ICD が誤動作する可能性がある 1mV 以上のノイズ以外に、静磁界と高周波電磁界（無線電波）のノイズ混入経路について説明いたします。



① 静磁界(磁石)

1mT (=10 ガウス) 以上の静磁界が ICD 本体やリード線に加わった場合に、ICD に備わっているペースメーカ機能に影響することがありますが、磁石を遠ざけると元に戻ります。

当社が開発した電磁波防護服は ICD 本体を広帯域シールドシートで遮蔽し、磁界の影響を軽減します。

② 高周波電磁界

高周波電磁界を発生するものとして、携帯電話などの通信機器、IC タグ読み取り装置 (RFID)、エンジン・アーク溶接・スポット溶接などから発生するスパークノイズ等があります。これらのノイズの混入経路は ICD 本体とリード線を繋ぐコネクタ部や外部通信用アンテナであるテレメトリー用コイルアンテナです。

総務省の「電波の医療機器等への影響に関する調査研究報告書」によると平成 12 年以前の ICD が 20V/m の電界強度で除細動(電気ショック)を発生しています。平成 13 年以降の機種では 30V/m でセンシング異常を発生しております。

高周波電磁界ノイズは生体組織に進入すると熱エネルギーに変換されるので、体の表面に近いところで影響が最大になります。ICD でもっとも体の表面にあり、ノイズが進入しやすいのは体表から 5~10mm のところにあるコネクタ部やテレメトリー用コイルアンテナです。

当社が開発した電磁波防護服は ICD 本体を広帯域シールドシートで遮蔽し、高周波電磁界の影響を軽減します。

(オ) ICD の EMI と患者様への影響

ICD で生じる EMI の多くは、通常の電子機器と異なり、直接 ICD 内にノイズが侵入して生じるのではなく、ノイズが ICD の信号源である人体に侵入し、ICD に入力すべき心電位波形そのものが損なわれて生じます。一般に「電磁」干渉と言われていますがその性質上、①交流電磁界の影響、②静磁界の影響、③高周波電磁界の影響に分けて考える事ができます。

① 交流電磁界の影響

通常高電圧が発生している所に電界が発生し、大電流が流れている所に磁界が発生します。これによって発生した電磁界が ICD に影響を及ぼすような強さである場合、ICD は、これを頻脈と判断した場合は抗頻拍ペーシング（心室頻拍よりも早い心拍数でペーシングして心室頻拍を停止させる）を行い、致死性頻脈（心室細動と心室頻拍）と判断した場合は除細動（電気ショック）を行ってしまいます。

② 静磁界の影響

1mT 以上の静磁界が ICD 本体リード線に加わった場合に、ICD に備わっているペースメーカ機能に影響し、ペーシング刺激の抑制や不適切な徐脈があって、ペースメーカ機能を使用している場合は、意識消失や動悸につながります。

③ 高周波電磁界の影響

総務省の「電波の医療機器等への影響に関する調査研究報告書」では一部のペースメーカや ICD が RFID などの装置から発生する 20~30V/m の高周波電磁界により除細動（電気ショック）やペーシング異常（抗頻拍ペーシング）を発生したこと発表されております。影響が出た数値が非常に小さな値であったのは ICD のテレメトリー用の通信周波数帯域と一致したためと考えられます。

④ ICD のペーシング機能依存度による影響の違い

徐脈（洞不全や房室ブロックなど）をもっていて通常のペースメーカによる脈拍の補助が必要な患者様の場合は ICD に備わっているペースメーカの機能（Brady pacing 機能）を活用することができます。ペースメーカの機能を使用しているときは EMI の影響を受けると通常のペースメーカと同じようにペースメーカの機能が抑制され脈拍の補助ができなくなったり（めまいやふらつきを感じる）、不適切なペーシング刺激がなされたり（動悸を感じる）することがあります。△△△様に除脈の症状がなければ、めまいやふらつきを感じることはありません。

以上のいずれの場合も、強烈な EMI で ICD に恒久的な障害が残るような場合を除けば、通常は患者様が EMI 発生源から遠ざかれば、正常な動作に復帰し、不適切な作動をすることはありません。

3. ICD の EMI ガイドラインと電磁環境調査

(ア) ICD の EMI ガイドライン

日本不整脈学会や総務省の「電波の医療機器等への影響に関する調査研究報告書」などで発表しているペースメーカー・ICD の電磁干渉のガイドラインがあります。

これらのガイドラインは ICD やペースメーカーの設定を実際の設定より電磁干渉を受けやすい設定にして、さらに安全係数をかけております。

電磁干渉の原因となる電磁界の種類	ガイドラインの数値
高周波電磁界強度（無線電波等）	30V/m
交流磁束密度（電力機器）	100 μ T=1Gauss
直流磁束密度（磁石類）	1mT=10Gauss

これらのガイドラインは法的に定められたものでなく、ペースメーカー・ICD の機器メーカー、学会、行政機関が指針として発表しているものです。法的にガイドラインを制定するには厚生労働省が医療機器承認の際にペースメーカー・ICD の機器メーカーに電磁干渉に対する基準を制定する必要がありますが、現時点では、すべてのペースメーカー・ICD の機器は外国製であり、国内の基準を当てはめるのは難しいのが現状です。

本試験ではこの数値の 1/10 以上の電磁波を測定した場合、人体ダミーを使った調査を実施いたしました。

(イ) 計測機器による電磁環境調査

ICD で外部電磁界が問題となるのは、ICD に心電位の検出感度以上の振幅でノイズが混入する場合です。混入ノイズの振幅はおおむね外部電磁界の強度に比例します。

従って、高周波電磁界、交流（変動）磁束密度、直流磁束密度を計測器にて不二製油関東工場内の設備と機器を測定いたしました。（以下の表の○は調査実施）

調査設備/機器	電磁環境調査	人体ダミー試験
A) 6万ボルト変電所周囲	○	不要
B) 6万ボルト変電所内トランス	○	○
C) 湿式電磁分離器本体	○	○
D) 湿式電磁分離器ポンプのモーター部	○	○
E) 金属探知機フレーム部	○	不要
F) ホリゾンタルミキサーモーター部	○	○
G) チョコレート生産ライン大型モーター	○参考値	不要
H) 梱包用コンベアモーター部	○	○

【A,B 野外 6 万ボルト変電所】



【C 湿式電磁分離器】



【D 湿式電磁分離器ポンプ】



【E 金属探知機フレーム】



【F ホリゾンタルミキサーモーター部】



【G 梱包コンベアモーター部】



測定結果の詳細内容は次のページの「設備・機器からの漏洩電磁界測定結果表」をご参照下さい。

設備・機器からの漏洩電磁界測定結果表

測定は測定対象物での計測箇所と最大値を記録し、赤枠の値は人体ダミー試験対象とした

No	測定可能周波数		100K-3G	30-300K	静磁界
	ペースメーカー・ICD基本ガイドライン		30V/m	100 μ T=1Gauss	1mT=10Gauss
	使用機器		NBM-520	ELT-400	TM-701
	単位		V/m	μ T	mT
	被測定機器	測定距離	変動電界	変動磁界	静磁界
A	6万V変電所外周囲	正面	0.28~1.03	6.8~7.6	0.02~0.06
		右側面	0.28~0.34	6.8~7.2	0.01~0.04
		左側面	0.29~0.42	6.8~7.2	0.01~0.05
		背面	0.24~0.44	6.8~7.6	0.01~0.20
B	6万V変電所内トランス	0cm		【1回目】 14.48 【2回目】 11.67	
		10cm			
		20cm			
		50cm			
		100cm			
C	湿式電磁分離器 上部(銀)	0cm			6.13
		10cm			2.25
		15cm			0.78
		50cm			
		100cm			
	湿式電磁分離器 下部(白)	0cm			1.64
		10cm			2.2
		20cm			1
		30cm			0.7
		100cm			
D	湿式電磁分離器ポンプモーター部	0cm	0.14	219	0.31
		10cm	0.24	【1回目】 38 【2回目】 48.14	0.49
		20cm	0.12	【1回目】 13.7 【2回目】 18.39	0.43
		50cm	0.13	7.9	0.21
		100cm	0.19	7.2	0.09
E	金属探知機フレーム	0cm	0.68	5.49	0.1
		10cm	0.37	8.22	0.1
		20cm	0.34	4.24	0.07
		50cm	0.22	5.79	0.07
		100cm	0.12	6.74	0.02
F	水平ミキサーモーター部	0cm	0.31	【密着】 20.34 【胸高】 10.24	0.03
		10cm	0.17	9.7	0.02
		20cm	0.17	9.4	0.01
		50cm	0.19	7.23	0.02
		100cm	0.09	7.23	0.01
G	チョコレート生産ライン大型モーター	0cm	0.69	18	0.01
		10cm			
		20cm			
		50cm			
		100cm			
H	梱包用コンベアモーター部	0cm	5.18	313.3	0.35
		10cm	3.92	14.78	0.1
		20cm	1.22	8.59	0.08
		50cm	0.28	6.13	0.06
		100cm	0.12	4.65	0.04

(ウ) 電磁波防護服評価用人体ダミーによる電磁波防護服の評価試験

ペースメーカー・ICD基本ガイドラインの1/10以上の数値が計測された設備や機器に対して人体ダミーによる電磁波防護服の評価試験を実施いたしました。

右写真の直立人体型生体モデル（ポリカーボネート）に人体等価物質 0.18%NaCl 溶液を満たし、内部に測定器のプロープ（アンテナ）を挿入して電磁防護服がある場合と無い場合の電磁界測定を実施し、電磁波防護服の評価試験を実施しました。

測定結果の詳細内容は P14 の「人体ダミー試験結果」をご参照下さい



①6万V変電所内トランス

変電所周囲は高周波電磁界、変動磁界、静磁界とも非常に小さな値であり、電磁干渉の可能性はありませんでした。

右の写真のように6万V変電所内のトランスを密着して測定しても最大で $14.48\mu\text{T}$ であり、ガイドラインの $100\mu\text{T}$ と比較しても小さな値でした。

人体ダミー内のアンテナまでの距離が約5cmあり人体ダミーをトランスに密着しても磁束密度は $8.564\mu\text{T}$ でした。

この値は非常に小さな値であり、防護服を着用した場合、最大で43%の減衰を記録しましたが、着用しなくてもICDが電磁干渉の可能性はないといえます。



②湿式電磁分離器

右の写真の湿式電磁分離器の電磁石から発生する静磁界が0~20cmの距離でガイドラインを越えていました。ICDに備わっているペースメーカー機能に影響するため、湿式電磁分離器本体から20cm以上離れる必要があります。ペースメーカー機能に影響すると、不必



要なペーシング刺激が発生し動悸を感じたり、ペースメーカーの作動が抑制され、脈拍の補助ができなくなり意識を失うことがあります。(イルニッヒ型人体ダミー試験では影響は出ておりません)。万が一、影響が出たとしても離れると元に戻ります。

当社の電磁波防護服の広帯域電磁シールドシートは最大値を示した密着時の数値 6.13mT の値に対して 71.3% の減衰できましたが、 10cm 以上の距離で 2mT 以下の弱い静磁界ではシールド性能は発揮できませんでした。発揮できなかった原因は素材がアースされていないので磁気が飽和したためと思われます。

③湿式電磁分離器のポンプモーター部

右の写真の湿式電磁分離器のポンプモーター部で密着時に最大 $212.7\mu\text{T}$ を測定しました。当社の電磁波防護服に使用している広帯域シールドシートで遮蔽した場合は $122.8\mu\text{T}$ に減衰し、2枚重ねで遮蔽する(2枚重ねタイプの製品もあります) と $97\mu\text{T}$ まで減衰しました。

人体ダミーにて最接近できる 10cm では、磁束密度は $48.18\mu\text{T}$ あり、防護服を着用すると $28.58\mu\text{T}$ まで減衰しました。



④水平ミキサーモーター部

水平ミキサーのモーター部で密着測定値は最大で $20.34\mu\text{T}$ でした。湿式電磁分離器のポンプモーター部との違いはモーター部に金属のカバーが装着されており、その結果、変動磁界の漏洩が少なくなっています。

右の写真の人体ダミーは真下に近づいてもモーターから距離があり、最大 $11.67\mu\text{T}$ を測定しました。当社の電磁波防護服を着用した場合は $8.56\mu\text{T}$ に減衰しました。

防護服を着用しなくても ICD が電磁干渉の可能性はないといえます。



同様に次のページ写真の大型モーターも参考として測定しましたが、金属のカバーが装着されており、密着の距離でも最大値が $18\mu\text{T}$ で ICD への電磁干渉の可能性はありませんでした。

【G チョコレート生産ライン大型モーター】



⑤梱包コンベアモーター部

下の写真の梱包コンベアのモーター部で密着時に最大 $313.3 \mu\text{T}$ を測定しました。当社の電磁波防護服に使用している広帯域シールドシートで遮蔽した場合は $126.1 \mu\text{T}$ に減衰し、2枚重ねで遮蔽する（2枚重ねタイプの製品もあります）と $47.6 \mu\text{T}$ まで減衰しました。

人体ダミーにて最接近できる 10cm では、磁束密度は $8.53 \mu\text{T}$ あり、防護服を着用すると $2.16 \mu\text{T}$ まで減衰しました。

【H 梱包用コンベアモーター部】



以上の環境調査の結果に基づき、△△△△様が安全で不安なく作業できるよう、別紙の「作業安全マニュアル」を作成いたしました。

電磁波防護服評価用人体ダミーによる性能評価試験結果表

被測定機器の設置場所等の物理的要因によって人体ダミー試験が出来ない場合は中空での防護パッド試験を行いました。

被測定機器	測定距離	対象周波数 ガイドライン	中空測定値	測定条件	防護服 (パッド) 未装着	防護服 (パッド) 1枚装着後	減退率(%)	防護服 (パッド) 2枚装着後	減退率(%)
6万V変電所内トランス	0cm	変動磁界 100 μ T	14.48	人体ダミー	8.564	7.238	15.5		
				中空	14.48	8.25	43.0		
湿式電磁分離器 上部(銀)	0cm	静磁界 1mT	6.13	中空	6.13	2.3	62.5	1.76	71.3
	10cm		2.25		2.3	2.3	0.0	1.75	23.9
	15cm		0.78		0.78	0.78	0.0	0.78	0.0
湿式電磁分離器 下部(白)	0cm	変動磁界 100 μ T	1.64	中空	1.64	1.64	0.0	1.64	0.0
	10cm		2.2		2.2	2.2	0.0	2.2	0.0
	20cm		1		1	0.9	10.0	0.9	10.0
	30cm		0.7		0.7	0.7	0.0	0.7	0.0
湿式電磁分離器ポンプ モーター部	0cm	変動磁界 100 μ T	219	人体ダミー	212.7	122.8	42.3	97	54.4
	10cm		48.14	人体ダミー	24.83	16.45	33.7	12.14	51.1
			中空	48.14	28.58	40.6	23.11	52.0	
	20cm		18.39	人体ダミー	8.53	6.18	27.5		
中空		18.39	12.54	31.8	11.97	34.9			
水平ミキサー モーター部	0cm	変動磁界 100 μ T	10.24	人体ダミー	11.67	8.56	26.6		
梱包用コンベア モーター部	0cm	変動磁界 100 μ T	313.3	中空	313.3	126.1	59.8	47.6	84.8
	10cm		14.78	人体ダミー	8.53	2.16	74.7	1.9	77.7
			中空	14.78	2.3	84.4	1.6	89.2	

(エ) イルニッヒ型人体ダミーによる ICD 電磁干渉影響調査

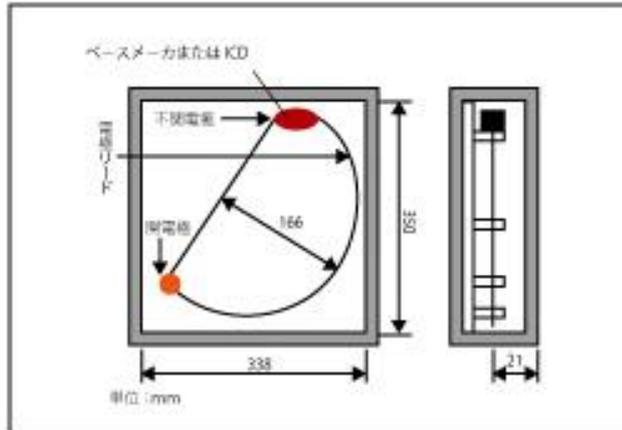
2008年7月11日にICD製造販売会社社が△△△△様に埋め込まれているICD(埋込型除細動器)をイルニッヒ型人体ダミーでICDの影響調査を実施しており、その際に影響が出なかったことが確認されています。(参考資料：環境調査報告書ICD製造販売会社社)

ICD製造販売会社社が行った試験を次の通り解説いたします。

この実験ではICDを人体内に入れたと同様な状態を作り出し、擬似的に稼動するようにし、電磁界の影響を観察しています。

イルニッヒ型人体ファントム(右図)に体内の電気伝導度と等価な0.18%の食塩水を満たし、ICDおよびリードを接続後、リードを食塩水に浸けシミュレータを接続しICDに影響がないかどうかの測定を行います。

イルニッヒ型人体ファントムは実際の人体より大きく電磁界の影響を受けるように設計されています。



ICDの設定条件は最高感度設定しており、△△△△様の設定より電磁界の影響を受けやすくしており、さらにより影響の受けやすい単極センシングの設定でも試験を実施しております。

以上の試験設定で電磁漏洩している施設や機器に最接近してもICDが影響を受けていないことが報告されています。

4. △△△△様が装着されているICDの電磁干渉に対する安全性の考察

△△△△様のICDの設定で電磁ノイズに関わる設定は以下の通りです。

センシング感度	3mV	ガイドラインは1mVの電圧を想定しています
極性	双極センシング	双極は単極より影響が1/6~1/10とされています
自己脈	あり (70bpm)	センシング異常でペースング刺激が無くても自己脈があれば貧血やふらつきなどの影響は出ません。ただし、ノイズで刺激を発生し始めると、動悸を感じる事があります。

以上のことから△△△△様が工場内の設備や機器を使用してもICDが電磁波の影響で誤動作する可能性は少ないと言えます。

電磁波防護服を着用し電磁干渉の影響を軽減し、本環境調査に基づいた安全マニュアルに従った作業を行えば△△△△様のICDが電磁干渉によって誤動作することはないと言えます。しかし、設備や機器の故障など不慮の事態を想定してその対処法も安全マニュアルに記載しておりますので、ご活用よろしくお願いたします。