

# 電磁波シールド材としての ステンレス／ポリエステル混織物の評価

瀬尾 寛, 木村 孝

## < Abstract >

The electromagnetic waves from mobile phone and other electronic devices have been pointed out to give heavy influences not only on the cardiac pacemaker performance but also on the physiological activities of human. In present study, cotton vests on which sewed the woven fabrics consisting of polyester and stainless steel fibers were prepared to suppress the electromagnetic wave influence and the results of clinical tests were achieved to confirm the block of electromagnetic wave by vests wearing. 32 persons with cardiac pacemaker were tested on the influence of magnetic field to heartbeat under 2.6 mT of magnetic flux density. 17 persons among 32 test persons whose beat pacing were influenced, were found to release from electromagnetic damage by wearing the vests. The electromagnetic wave influence by a mobile phone was applied for the same test group and 29 persons were almost completely out of the influence on the pacing. Especially, 3 persons were removed effectively from "Oversensing" of electromagnetic wave by wearing the vests.

The durabilities against 50 times washing of the woven fabrics included 70% of stainless steel fiber were confirmed in regard to the electromagnetic interference shielding as well as the wearing sensations of the vests such as the softness, lightness and comfort.

## 1. 緒言

電磁波が健康に及ぼす影響については数多くの報告があり<sup>1~4)</sup>、細胞、脳、ホルモンへの影響や、流産、小児ガンとの関連性について言及したものも見られる<sup>5)</sup>。特に問題になるのが心臓ペースメーカーを装着している人に対する影響である。ペースメーカーが電磁波の影響を受けることで、その装着者は心臓や植込み部に痛みを覚えたり、心拍数の増加、しびれ、けいれん、めまいなどの症状を訴えるケースがある。

近年、携帯電話の普及とともにこのような被害を被る人が増加しており、携帯電話の使用に関するマナーが社会問題となっている。日本医用機器工業会では「植え込み型心臓ペースメーカー利用者の携帯電話使用上の注意」において暫定ガイドラインを公表し<sup>6)</sup>、ペースメーカー装着者はハンディタイプ携帯電話をペースメーカーから22cm以上離すこと、肩掛け型携帯電話および自動車電話ではアンテナから30cm以上離れることでペースメーカーは速やかに元の状態に戻ると指導している。Naegeliらの報告ではノキアほかの携帯電話による試験で、待受け時およびダイヤル時はまったく問題ないが受発信作動時にのみ電磁干渉が発生した<sup>7)</sup>。さらに Hayesらはセルラー携帯電話を用いた臨床試験の結果、ペースメーカーへの電磁干渉の発生率は20%もあり、装着者に何らかの症状発現したものが7.2%あったと報告している<sup>8)</sup>。最近では携帯電話のみならず、ワイヤレスカードシステムや電子商品監視機器の電磁波が植え込み型心臓ペースメーカー等へ及ぼす影響についても検討がなされている<sup>9)</sup>。

ペースメーカー装着者が混雑した電車内において携帯電話から必要な距離を取れない場合や、自動車のエンジンルームに顔を入れて作業する整備員、モーター類・電子機器など電磁波の発信源となる機械等を扱う職業従事者が大勢いることを考えるとき、電磁波シールド効果を持つ衣料の必要性は高まってきている。これまで電磁波シールド素材を用いたユニホーム、スーツ、シャツ、エプロン等の繊維製品が開発されてきたが、その多くはナイロン織物やメッシュに銀・銅・ニッケル等の金属を無電解メッキやスパッタリング法で付着させたものであり洗濯耐久性に問題を残す上、塩素系洗剤や漂白剤を使えないなど取扱い上の制約が多い。さらに上記の方法による電磁波シールド素材は100～1000MHzの周波数帯における測定の結果、電界波に関しては22.7dB（遮蔽率92.7%）～36.8dB（同98.5%）でシールド効果が得られているが、磁界波に対しては0.8dB（遮蔽率8%）～19.8dB（同89.7%）とほとんどシールド効果がないことが確認された。この結果に基づき「電磁波シールド素材」の表現は磁界波にもシールド性があるとの誤解を生じるため、「電磁波」ではなく「電界波」または「電磁波（電界波）」の用語を使用するようガイドラインが制定された経緯がある<sup>10)</sup>。

筆者らはステンレス／ポリエステル混紡糸による織物を作り KEC法（後述）による電磁波シールド効果を測定したところ、ステンレスを50%以上含むことで電界波、磁界波ともに顕著なシールド効果をもたらす結果を得た<sup>11)</sup>。なかでも最も高性能であったステンレス繊維比率70%の織物（W-70）を部分使用したベストを作成し、心臓ペースメーカー装着者に対して着用試験を実施して、電磁波シールド効果を臨床的に確認するに至った<sup>12)</sup>。

## 2. 実験方法

### 2-1 ステンレス紡績糸の調製

単繊維直径が10 $\mu$ mのステンレス（SUS316L）フィラメントを3000～6000本引き揃えたマ

瀬尾：電磁波シールド材としての  
ステンレス／ポリエステル混織物の評価

ルチトウをターボステーパー、DCM (Direct cut machine) でスライバーとし、さらに粗紡工程で粗糸にする。これをリング精紡機で綿糸相当番手40<sup>s</sup>/1の紡績糸とした。ステンレス／ポリエステル混紡糸はスライバー工程において重量比で20/80、および50/50にダブルリングして得た。

## 2-2 ステンレス／ポリエステル混織物の作成

レピア織機によりステンレス／ポリエステル混織物を製織した。製織条件および物性を表1に記す。これらの織物はステンレスの繊維比率が高くなるにつれて重厚感が増し表面がドライタッチとなった。

表1 ステンレス／ポリエステル混織物の製織条件および物性

項目 品名	SUS 比率(%)	経 糸		緯 糸		打込み本数 経 X 緯	織組織	厚み (mm)	目付 (g/m <sup>2</sup> )
		構 成	番 手	構 成	番 手				
W-100	100	SUS100%	40/1	SUS100%	40/1	90 X 60	1/2 綾織	0.41	515.5
W-70	70	SUS/PEs (50/50)	40/1	SUS100%	40/1	110 X 80	平 織	0.33	270.0
W-50	50	SUS/PEs (50/50)	40/1	SUS/PEs (50/50)	40/1	110 X 80	平 織	0.30	177.3
W-20	20	SUS/PEs (20/80)	40/1	SUS/PEs (20/80)	40/1	110 X 80	平 織	0.29	154.7

\* SUS: ステンレス、 PEs: ポリエステル

## 2-3 電磁波シールド効果の測定 (KEC 法による測定)

電磁波はシールド材によって反射や吸収が起こり、入射側と透過側に電界または磁界の差を生じる。差の比をシールド効果といい(1)式で表す。

$$\text{シールド効果 SE (dB)} = -20 \log \frac{\text{透過電界 (磁界)}}{\text{入射電界 (磁界)}} \dots\dots\dots (1)$$

さらに、電界強度 (磁界強度) の減衰量を遮蔽率として表すことも出来る。たとえばシールド効果が20dB のとき遮蔽率は90%、30dB では96.8%、40dB のとき99%とそれぞれ計算される。KEC 法は本来無線通信を電磁波障害から保護する目的で社団法人関西電子工学振興センターによって確立された電磁波シールド効果測定方法であり、金属箔やその他の導電材料を100kHz から1000MHz までの周波数範囲について電界シールド効果と磁界シールド効果を異なる評価装置で測定し独立した数値として扱っている<sup>13-14)</sup>。なお繊維製品に関して財団法人日本化学繊維検査協会ではテレビ、パソコンなど日常接触の頻度が高く、かつ人体が吸収しやすい周波数帯域として10MHz から1000MHz の間に狭めた範囲で電磁干渉に関する試験

を実施している。携帯電話の影響に関する試験ではさらに狭く100MHzから1000MHzの周波数帯域に絞り込んで試験が行われている。

### 3. 心臓ペースメーカー装着者に対する臨床試験

#### 3-1 電磁波シールド用ベストの作成

綿100%のスムース編みベストを作成し、肩から胸部分に掛けてステンレス織物生地（W-70、目付；270g/m<sup>2</sup>）を前面、背面ともに縫い付けた（図1）。ここは一般的に心臓ペースメーカーを装着する鎖骨下から心臓の範囲をカバーする部分である。これは、比重7.8のステンレスを全体に使用するとかなり重くなるという着用上の問題に加えて、『ペースメーカー植込み部を中心に胸部を防護でき、かつある程度の電磁波の回り込みを防止することで目的が達せられる』との医師の判断に基づいてデザインされたものである。完成したベストの重量はL寸が387g、M寸が346g、S寸が292gであった。

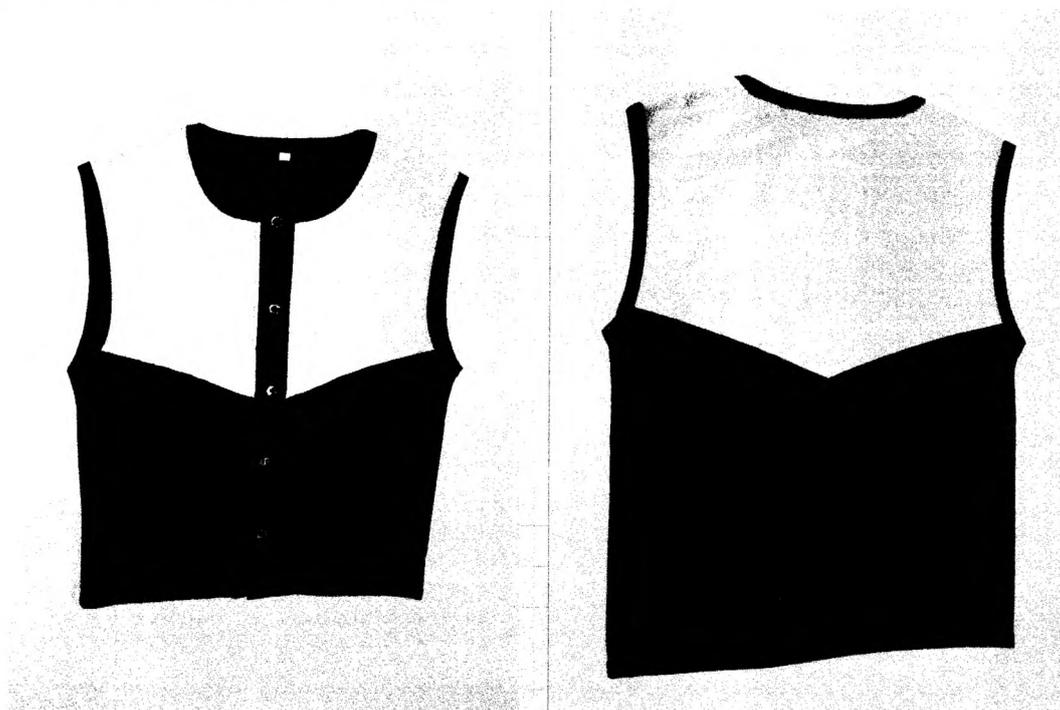


図1 電磁波シールド用ベスト（左；前面、右；背面）

#### 3-2 試験方法

札幌市のクラーク病院または時計台病院で心臓ペースメーカーの植込みを行った人の中から自由意志で臨床試験に協力を申し出た32名を対象とした。いずれもインフォームドコンセントによる同意を得たのち試験実施日にL寸、M寸、S寸の中からフィットするベストを各自自由選択して試験に臨んだ。臨床試験は以下の方法により実施した。

### 1) マグネットによる方法

試験担当病院では患者に装着したペースメーカーのバッテリー消耗度を管理する目的で、表面磁束密度約300mTのマグネットを使用している。通常はペースメーカー本体にこのマグネットをあてると2.6mTでマグネットモード（非同期モード）に移行し、このときの心拍数は自発心収縮とは無関係にプログラムされた一定のレート（ここでは96）でペーシング、すなわち心房および心室の収縮と弛緩拡張をもたらす心筋の活動を行う設計になっている。

マグネットは通常着用している衣服の上に直置きするが、今回の臨床試験ではこのマグネットモードに移行する現象を遮断できるかどうか、すなわちベスト着用によりマグネットがもたらす静磁界の影響を抑制できるかについて心拍数の変化を観察した。測定は仰臥位の被験者のペースメーカー植込み部から垂直方向に定規を立て、マグネットを3 cmの距離から0.5cmずつ漸次近づけてゆき、最初にマグネットモードに移行したときの距離において実施した。手順はまずベスト着用しないでマグネットモードへの移行を確認し、ベスト着用後同じ距離でマグネットを作動して心拍数を測定した。

### 2) 携帯電話による方法

携帯電話（モデル；cdmaOne 1999年製）を植込み部から2 cm（一部1 cm）の距離で着信、発信にそれぞれ作動させ、ベスト着用の有無による心電図波形の変化を測定した。検診台に仰臥した被験者のペースメーカー植込み部から垂直方向に定規を立て、2 cmの距離のところに携帯電話を被験者と平行に保つ。先ず別の電話から携帯電話にダイヤルして着信時における心電図波形の状態を観察した。次に携帯電話を2 cm離れた同じ位置で保持したまま別の電話にダイヤルし発信時の状態を観察した。

## 3-3 効果判定

### 1) マグネットによる静磁界の影響抑制—心拍数測定による—

マグネットモードに移行した状況下において、ベスト着用時〔マグネット有・ベスト有〕の心拍数が平常時〔マグネット無・ベスト無〕と同じであればマグネットの静磁界による影響を抑えたと判断して効果あり（○）と判定。一方ベストを着用したにもかかわらず非着用時〔マグネット有・ベスト無〕と同じ心拍数を呈したときは、静磁界の影響に対する抑制効果は得られず効果なし（×）と判定した。

### 2) 携帯電話がもたらす電磁波の影響抑制—心電図測定による—

平常時の心電図波形を正常値とする。携帯電話を着信および発信にて作動させた時ベスト着用の有無による心電図波形への影響をチャート上の波形の変化から読み取った。ベスト非着用時に携帯電話作動により心電図波形に変化が現れた場合、ベストを着用した結果正常に戻ったときは効果あり（○）、ベスト着用したにもかかわらず正常に戻らなかったときは効果なし（×）、さらにベスト非着用時に携帯電話を作動させても心電図波形に変化が現れな

いときは影響なし（一）と判定した。

### 3) ベストの着用感

本試験に用いたベストは、前述（図1）のようにステンレス／ポリエステル混織物（ステンレス繊維比率；70%）を使用しているため、心臓ペースメーカー装着者にとって着用が負担になるのが懸念されたため、前述の着用試験実施後に被験者に対して着用感に関する「外観・デザイン」「ソフト感（固さ）」「重さ（軽さ）」「着心地」の4項目について調査を実施した。「外観・デザイン」と「着心地」については、〔㉑とても良い、㉒良い、㉓普通、㉔良くない、㉕非常に悪い〕の5段階で評価した。「ソフト感」は、〔㉑とても柔らかい、㉒柔らかい、㉓普通、㉔固い、㉕非常に固い〕、「重さ」については〔㉑とても軽い、㉒軽い、㉓普通、㉔重い、㉕非常に重い〕のそれぞれ5段階評価を行なった。

## 4. 結果と考察

### 4-1 ステンレス織物の電磁波シールド効果

KEC法による周波数領域100MHz～1000MHzでのステンレス織物の電磁波シールド効果を図2に示す。ステンレスの繊維比率が50～100%の織物（W-50、70、100）において測定全周波数領域で40dB（遮蔽率99%）を超える電界波のシールド効果と、携帯電話の周波数領域である700MHz～800MHzにおける20dB（同90%）を超える磁界波シールド効果を得た。特に臨床試験に用いたステンレス繊維比率70%の織物（W-70）では50dB（同99.7%）を超える電界波シールド効果と30dB（同96.8%）を超える磁界波シールド効果が得られた。

次にW-70の織物について50回の洗濯試験を実施した。10回毎に電磁波シールド効果を測定したところ、結果は図3に示すように電界波群、磁界波群とも洗濯によるシールド効果の低下

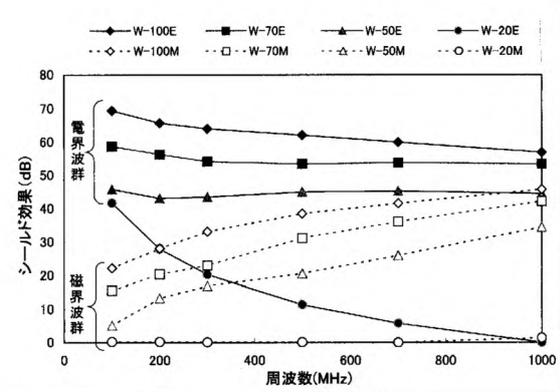


図2 ステンレス／ポリエステル混織物の電磁波シールド効果

[E；電界波、M；磁界波]

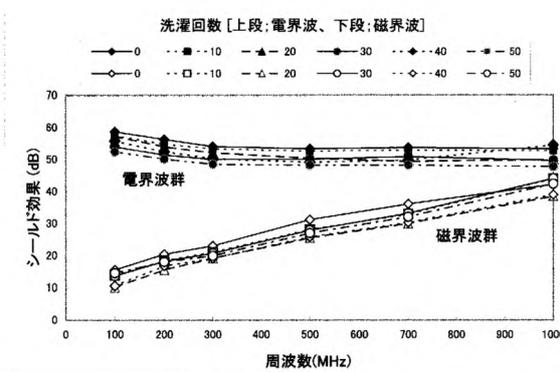


図3 ステンレス／ポリエステル混織物（W-70）の洗濯耐久性

瀬尾：電磁波シールド材としてのステンレス／ポリエステル混織物の評価

は5～8 dB程度であり、これは携帯電話の周波数領域においてはそれぞれ1%程度の遮蔽率低下にしかならない。通常、繰り返し洗濯試験で繊維の脱落による欠損や残留ひずみに基づく織り目の変形などが生じた場合は電磁波シールド効果が著しく低下するため、今回の結果から50回までの家庭洗濯においては、洗剤や漂白剤による繊維の脱離、生地劣化、剥離、摩耗などがほとんど生じないことが証明された。このようにステンレス繊維比率70%の織物は高い電磁波シールド効果を示すとともに洗濯耐久性も確認され実用化の期待値が高まったと考える。

4-2 ベスト着用によるマグネットの静磁界遮蔽効果の判定 (表2)

平常時心拍数が60～86を示す32名の被験者は、マグネット使用により全症例ともマグネットモードに移行した。すなわちマグネットの静磁界の影響で心拍数がすべて96に変化した。ところがベストを着用した場合マグネットによる影響を抑制して平常時の心拍数を呈した症例が17例あった。測定時の距離、すなわちマグネットモードに移行する距離が0～3cmとばらついているのは被験者の皮下脂肪量を始めとする個体差が大きいためと考えられる。

表2 電磁波シールド用ベスト (W-70) の臨床試験結果

項目		被験者		使用機	マグネット			効果判定	携帯電話				効果判定				
					ベスト	無	有		携帯電話	無	着信	発信		無	有		
No.	氏名	年齢	性別	植込み病院	種	距離cm	心拍数	判定	距離 cm	心電図変化:有(+)	無(-)	判定					
1	I.Y	64	男	クラーク病院	VVI	L	2	60 96 96	×	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
2	U.T	78	男	時計台病院	VVI	L	3	80 96 96	×	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
3	T.T	80	女	クラーク病院	DDD	S	1	60 96 96	×	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
4	S.H	77	女	クラーク病院	VVI	S	2	66 96 66	○	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
5	M.K	88	女	クラーク病院	VVI	S	1	70 96 96	×	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
6	N.H	89	女	クラーク病院	DDD	S	1	85 96 96	×	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
7	S.M	69	女	クラーク病院	DDD	L	1	80 96 80	○	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
8	I.R	88	男	クラーク病院	DDD	M	2	60 96 60	○	1	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
9	I.M	68	男	クラーク病院	VVI	L	1	76 96 76	○	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
10	T.S	71	男	クラーク病院	VVI	L	1	80 96 96	×	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
11	O.Y	84	男	クラーク病院	VVI	L	1.5	60 96 60	○	2	正常	(+)	(-)	(-)	(-)	○	
12	S.F	57	女	クラーク病院	DDD	M	1	65 96 65	○	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
13	K.C	86	女	クラーク病院	VVI	S	1	60 96 60	○	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
14	Y.A	71	男	クラーク病院	DDD	L	1.5	70 96 70	○	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
15	M.M	74	女	クラーク病院	DDD	M	0.5	70 96 70	○	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
16	T.K	62	女	時計台病院	AAI	S	0.5	60 96 60	○	2	正常	(+)	(-)	(-)	(-)	○	
17	K.S	85	女	クラーク病院	VVI	M	1	86 96 96	×	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
18	M.T	62	男	クラーク病院	DDD	L	1	60 96 60	○	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
19	Y.T	77	男	クラーク病院	VVI	M	1.5	60 96 96	×	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
20	W.T	60	男	クラーク病院	VVI	M	0.5	60 96 60	○	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
21	O.K	67	女	クラーク病院	VVI	M	0	60 96 60	○	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
22	S.T	80	女	クラーク病院	VVI	S	1.5	65 96 65	○	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
23	O.A	71	男	クラーク病院	VVI	M	0	80 96 96	×	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
24	T.M	83	女	クラーク病院	VVI	M	0.5	85 96 85	○	2	正常	(-)	(-)	(+)	(-)	○	
25	N.J	86	男	時計台病院	VVI	M	1	60 96 96	×	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
26	K.I	72	男	時計台病院	VVI	M	1	60 96 96	×	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
27	S.T	91	女	クラーク病院	VVI	S	1	60 96 96	×	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
28	T.C	68	男	クラーク病院	VVI	M	3	60 96 60	○	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
29	O.Y	73	男	時計台病院	VVI	M	1	60 96 96	×	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
30	G.Y	74	女	クラーク病院	DDD	S	1	72 96 96	×	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
31	O.F	91	女	クラーク病院	VVI	S	0	80 96 96	×	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
32	S.Y	54	男	クラーク病院	VVI	M	1	60 96 60	○	2	正常	(-)	(-)	(-)	(-)	-	
							効果あり症例数	17								効果あり症例数	3

[効果判定] 効果有り(O)、効果なし(x)、影響なし(-)

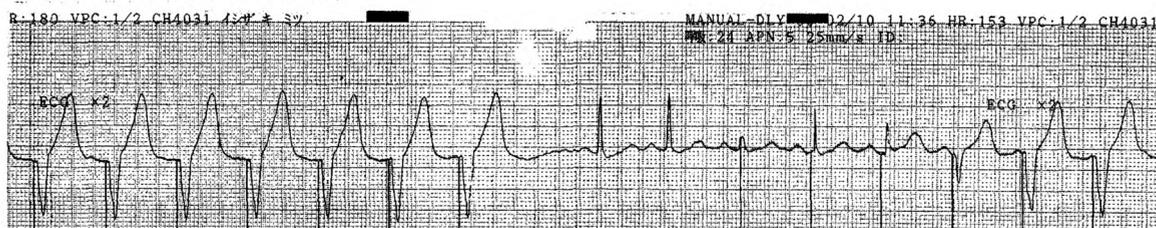
### 4-3 ベスト着用による携帯電話の電磁波の遮蔽効果の判定

29症例 (90.6%) が携帯電話の着信および発信での作動下でも自覚症状はなくペースングにも影響を受けなかった中で、オーバーセンシングにより心電図波形に明らかに変化の出た症例が3例あった (表2)。これらの変化の内容およびベスト着用による回復状況を表3に説明し、その代表例を図4に示した。これによりペースングの乱れた心電図波形を正常波形に復帰させるベストの効果が確認できた。オーバーセンシングとはセンサーが心電図波形のR波、P波だけでなく、ペースング後の残存電位や対外から発信された電磁波などを感知して、ペースメーカーの作動状態に影響を与えることをいう。心臓ペースメーカーの機種・型式を意味するVVIは心室が心臓の拍動を感知して必要時にペースメーカーから心室に電気刺激を出してペースングを制御し、AAIは心房において前者と同様のペースングを行う仕組みである。これらは心臓が自ら拍動するとその電氣的興奮が心室あるいは心房に置いた電極で感知され、ペースメーカーからの刺激は取り消される仕組みになっており抑制型のペースングという。またDDDは心房と心

表3 携帯電話により心臓ペースングに変化を起こした症例

症例番号	説 明
11	通常は心室ペースング(VVI)、着信時心室のオーバーセンシングによるペースング欠如が見られたが、ベスト着用によりVVIに正常化した。
16	通常は心房ペースング(AAI)、着信時心室ペースング(VVI)に変化しオーバーセンシングによるペースング欠如が見られたが、ベスト着用によりAAIに正常化した。
24	通常は心室ペースング(VVI)、発信時心室のオーバーセンシングが出現しペースング欠如が見られたが、ベスト着用によりVVIに正常化した。

#### 携帯電話・発信時 ベストなし



#### ベストあり

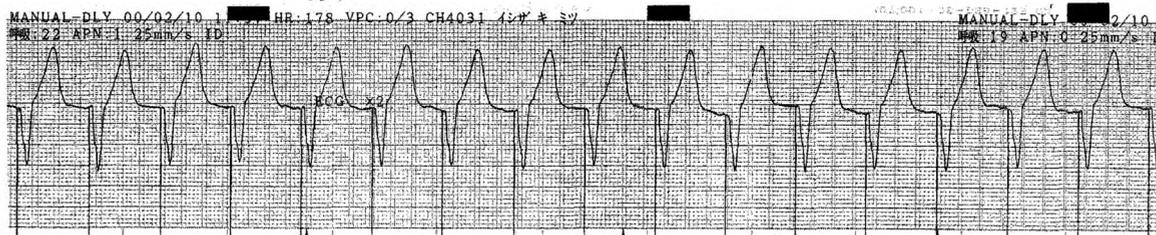


図4 心臓ペースング効果例の心電図チャート

室の拍動を連動させ両者の動きを出来るだけ一緒にしようとする方法で同期モードのペーシングが生じる。

#### 4-4 着用感の判定

着用試験を行なった32名の被験者に対してベストの着用感に対する調査を実施したところ30件の回答を得た。なお回答者全員が過去に電磁波に対する防護衣料の使用経験はなかった。また、防護衣料の必要性に関しては、〔絶対必要、必要〕が11名、〔ある方がよい〕が10名と肯定派が21/30 (70.0%) であり、〔必要ない〕2名、〔わからない〕7名の必要性を感じていない9/30 (30.0%) を大きく上回っていた。

調査項目の「外観・デザイン」についてはステンレス混織物のラインを前面・背面ともに中央部を下げることで安心感が得られる視覚的效果を狙ったところ7/30 (23.3%) の人が好印象③④を持ったが、その男女比率は男性6名、女性1名であり圧倒的に男性に好まれるデザインであったといえる。残りの23/30は〔◎普通〕であり、悪い印象④⑤の回答は無かった。

「ソフト感」については半数近くの14/30 (46.7%) が柔らかさ③④を実感した。男女比率は男性が60～70代に集中して9名、女性は50～90代と全体に分散して5名であった。なお〔④固い〕と感じた人は男女各1名で2/30 (6.7%) であった。

「重さ」に関しては〔③とても軽い、④軽い〕との回答が20/30 (66.7%) に達した。男性は50～80代で12名、女性が50～90代で8名と幅広い年齢層に受け入れられたと考えられる。残りの10/30は〔◎普通〕であり、重さ④⑤を感じた回答は皆無であった。これはステンレスという金属繊維を使用しているのに思ったほど重くは感じないという判断の結果が軽さ③④の回答になったと考えられる。

最後に「着心地」は9/30 (30.0%) が〔③とても良い、④良い〕との回答であったが、残りの70%は〔◎普通〕であり、悪い印象④⑤の指摘は無かった。これらの結果を表4に記し、特に③④の回答に関する男女別、年齢別比率を図5に示す。

表4 ベスト (W-70) の着用感調査結果

ランク	外観・デザイン	ソフト感	重さ	着心地
③ とても良い	1	3	3	1
④ 良い	6	11	17	8
◎ 普通	23	14	10	21
④ 良くない	0	2	0	0
⑤ 非常に悪い	0	0	0	0

(単位:人)

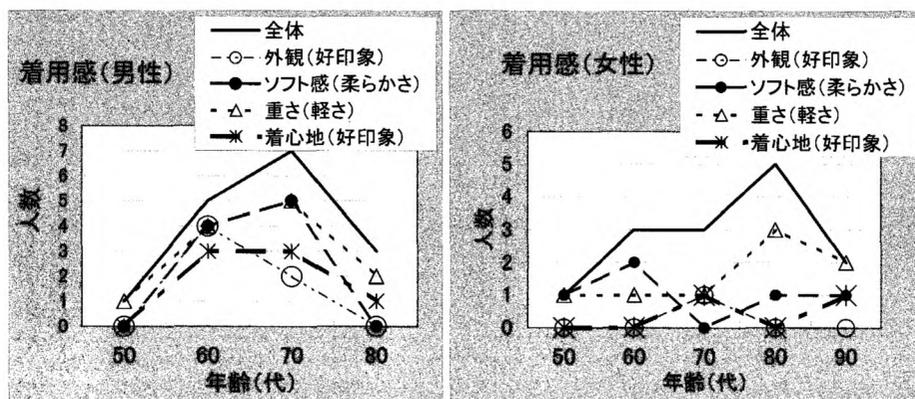


図5 ベストの着用感 (好印象回答者の男女別、年齢別割合)

## 5. 結論

単繊維直径が $10\mu\text{m}$ のステンレス (SUS316L) 繊維による綿糸相当番手 $40^{\text{s}}/1$ の紡績糸、および同じ番手のステンレス/ポリエステル混紡糸を用いて得られた織物を KEC 法で電磁波シールド効果測定した結果、ステンレス繊維の配合比率が50%を超える織物において電界波および磁界波シールド効果が得られた。特にステンレス繊維比率70%の織物 (W-70) が50回洗濯後の評価で性能の劣化がほとんどなく、初期に近い電磁波シールド効果を維持できるとの耐久性が確認された。

心臓ペースメーカーを装着した32名の被験者に対して W-70 を部分使用したベストの着用試験では、まず表面磁束密度 $2.6\text{mT}$ でのマグネットによる静磁界の影響を遮断できた症例が17例 (53.1%) あった。この結果は自動車整備や工場配電盤などモーターやリレーなどのマグネットに関連する機器を取扱う業務の従事者にとって安全な作業遂行を可能にするものである。

また携帯電話の受発信による試験では全体の90%を超える29名の被験者において自覚症状がなくペーシングにも影響を受けないことが判った。しかしオーバーセンシングが確認された3症例においてはベストを着用することで電磁干渉を防御できる結果が得られたことは日常生活上の安心感に繋がるものと確信する。

最後に、着用感に対する調査結果から「外観」「ソフト感」「重さ」「着心地」のすべてにおいて着用の意欲を削ぐほどのマイナスイメージはほとんど無く、むしろ着用による安心感を得ることへの期待感が調査結果に反映されたと判断する。

このような電磁波シールド効果を持つステンレス/ポリエステル混織物は心臓ペースメーカー装着者用プロテクターに用いるだけでなく、病院の医療機器室や集中治療室で用いられ、電磁干渉防止が要求されるカーテン、パーティション、蚊帳状シートなどの素材としても十分期待できるものと考えられる。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり、素材およびベストを提供いただいた富士紡績株式会社、ステンレス／ポリエステル混織物の電磁波シールド試験を行った財団法人日本化学繊維検査協会技術開発部に感謝いたします。

## 引 用 文 献

- 1) SS Barold and JJ Gaidula ; *Amer. J Cardiol.*, 28 ( 2 ), pp201-210 (1971)
- 2) 改森道信；染色、17 ( 1 ), pp. 1-4(1999)
- 3) 吉野学、山口美佐子ら；都産技研研究報告、5, pp. 101-104 (2002)
- 4) 相羽誠一；工業材料、51 ( 3 ), pp. 86-87 (2003)
- 5) 荻野晃也；織消誌、39 ( 4 ), pp. 207-213 (1998)
- 6) 日本医用機器工業会、ペースメーカー協議会；暫定ガイドライン、平成8年3月22日 (1996)
- 7) B. Naegeli, S. Osswald, M. Deola and F. Burkart ; *J. Amer. College Cardiol.*, 27 ( 6 ), pp. 1471-1477 (1996)
- 8) Hayes DL, Wang PJ, Reynolds DW, Estes M 3rd, Griffith JL, Steffens RA, Carlo GL, Findlay GK and Johnson CM ; *N Engl. J. Med.*, 336 (21), pp. 1473-1479 (1997)
- 9) 総務省；「電波の医用機器等への影響に関する調査研究報告書」、平成15年3月 (2003)
- 10) 日本化学繊維協会資料；「電磁波シールド素材の性能評価統一試験方法 (ガイドライン)」、平成10年10月 (1998)
- 11) 瀬尾寛；繊維学会予稿集2000 (桐生), 55 ( 3 ), p. 110 (2000)
- 12) 木村孝；第14回日本臨床内科医学会 (仙台) 抄録集, p. 208 (2000)
- 13) 針谷栄蔵、右馬野雅弘；電子通信学会技術研究報告 EMCJ 83-13, pp. 25-32 (1983)
- 14) 針谷栄蔵；織消誌、40 ( 2 ), pp. 100-108 (1999)