

目 次

総 論	1
-----------	---

1. 電磁界と生体

1.1 概 説	4
1.2 電磁界の定義と基礎事項	13
1.2.1 電界の定義	13
1.2.2 電界の基礎と現象	17
1.2.3 磁界の定義と基礎事項	20
1.2.4 磁界の基礎的な現象	24
1.2.5 電 磁 波	27
1.2.6 電波の基礎事項	30
1.3 電磁界の生体への効果	33
1.3.1 概 要	33
1.3.2 周波数と生体効果	34
1.3.3 電流による刺激作用	37
1.3.4 熱 的 効 果	38
1.3.5 非熱的効果	43
1.3.6 曝露環境と安全基準	45
1.4 生体の電気的特性と計測	51
1.4.1 概 要	51
1.4.2 生体の電気的特性	51
1.4.3 電気的特性の測定法	54

vi 目 次

1.4.4 組織の電気的特性とその温度依存性	55
1.4.5 生体模擬物質について	60
参 考 文 献	63

2. 静電磁界と生体

2.1 概 要	72
2.2 静電界の生体影響	73
2.2.1 細胞における影響	73
2.2.2 植物における影響	74
2.2.3 動物における影響	74
2.3 静磁界の影響	76
2.3.1 磁界の基礎的作用	76
2.3.2 細胞膜透過現象への影響	78
2.3.3 動植物, 生体への影響	82
2.4 静電磁界と計測	83
2.4.1 静電界計測	83
2.4.2 静磁界計測	84
参 考 文 献	85

3. ELF 電磁界と生体

3.1 概 要	92
3.2 生体周囲の ELF 電磁界	93
3.2.1 自然電磁界	93
3.2.2 送電線下の電磁界	94
3.2.3 家庭用電気器具からの電磁界	95
3.2.4 生体内の電磁界	97
3.3 ELF 電界の生体影響	98

3.3.1	細胞における影響	98
3.3.2	植物における影響	99
3.3.3	動物における影響 (非ほ乳類)	99
3.3.4	動物における影響 (ほ乳類)	100
3.3.5	ヒトにおける影響	102
3.4	ELF 電界の生体曝露量計測	105
3.4.1	空間電界分布計測	106
3.4.2	生体表面の電界計測	107
3.4.3	誤差範囲の決定	111
3.4.4	体内誘導電流の計測	112
3.5	ELF 磁界の生体影響	116
3.5.1	刺激作用	116
3.5.2	刺激作用以外の非熱作用	117
3.5.3	低周波電磁界によるカルシウムイオン流出の変化	117
3.5.4	イオンサイクロトロン共鳴説	118
	参 考 文 献	121

4. 高周波電磁界と生体

4.1	概 要	126
4.2	RF 電磁界およびマイクロ波の生体への吸収	128
4.2.1	吸収様式と SAR	128
4.2.2	吸収モデル	130
4.2.3	モデルを用いたシミュレーション例	137
4.2.4	生体に吸収される量	140
4.3	RF およびマイクロ波の生体効果	142
4.3.1	概 要	142
4.3.2	熱 作 用	143
4.3.3	行動への影響	146
4.3.4	催奇形性と発育への作用	147
4.3.5	遺伝的影響と発癌性	148

4.3.6	目に対する作用	148
4.3.7	薬剤との相乗作用	150
4.3.8	細胞レベルの作用	150
4.4	生体への影響	151
4.4.1	細胞への影響	151
4.4.2	組織への影響	155
4.5	高周波電磁界の脳・神経系への影響	156
4.5.1	概 要	156
4.5.2	神経活動とパルス伝搬	156
4.5.3	脳の電気的特性	159
4.5.4	脳・神経系の熱的効果	161
4.5.5	脳・神経系の非熱的効果	164
4.6	人体への影響	166
4.6.1	概 要	166
4.6.2	職業曝露の報告例より	167
4.6.3	RF波によるハイパーサーミア時の症状	168
4.6.4	生理機能への影響	169
4.7	ミリ波・サブミリ波の生体効果	173
4.7.1	生体組織への浸透の深さ	173
4.7.2	ミリ波・サブミリ波の熱作用	175
4.7.3	ミリ波・サブミリ波の非熱作用	177
	参 考 文 献	180

5. 医 療 応 用

5.1	概 要	194
5.2	治療への応用	197
5.2.1	静電磁界の応用	197
5.2.2	ELF電磁界の応用	198
5.2.3	RF波の応用	200
5.2.4	マイクロ波の応用	203

5.2.5 レーザの治療への応用	206
5.2.6 低出力レーザーの応用	212
5.3 ハイパーサーミア	215
5.3.1 歴史的背景	215
5.3.2 ハイパーサーミアの生物学的根拠	217
5.3.3 ハイパーサーミアとその臨床効果	220
5.3.4 加温原理と構成法	225
5.3.5 レーザサーミア	236
5.4 計測, 診断への応用	239
5.4.1 生体内部の温度計測	239
5.4.2 MRI	249
参 考 文 献	249

6. 電磁環境計測

6.1 概 要	260
6.2 電磁界のドシメトリ (熱作用, 刺激作用の定量的評価)	260
6.2.1 平面波曝露	261
6.2.2 近傍界曝露	264
6.2.3 上昇温度	267
6.3 近傍界測定法	268
6.3.1 高レベル電磁界測定法	268
6.3.2 無線局などでの近傍電磁界測定法	274
6.4 SAR 測定法	277
6.4.1 全身平均 SAR の測定	277
6.4.2 局所 SAR の測定	279
6.4.3 ファントム構成法	282
6.5 足首電流・接触電流測定	287
6.5.1 足首誘導電流	287
6.5.2 接 触 電 流	288

x 目 次

6.6 ハイパーサーミアにおける電磁環境計測	288
6.6.1 概 要	288
6.6.2 実測調査および測定例	290
6.6.3 評価および防護の方法	299
参 考 文 献	304

付録 電磁波の安全基準

1. 歴 史 的 背 景	327
2. わが国の電波防護指針	327
3. ANSI C95.1-1991	337
4. その他の安全基準	342
参 考 文 献	343
索 引	345