



Title	マイクロ波長期被曝障害に関する実験的研究（マイクロ波の生物学的作用の研究 第4報）
Author(s)	伴, 和友
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1967, 27(6), p. 682-690
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/16615
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

マイクロ波長期被曝障害に関する実験的研究
マイクロ波の生物学的作用の研究
(第4報)

名古屋大学医学部放射線医学教室（主任：高橋信次教授）

伴 和 友

(昭和42年1月23日受付)

Studies on Biological Effects of Microwave Radiation (4th Report). Experimental Studies on Biological Effects of Long Term Irradiation with Microwaves on the Healthy Mouse

By

Kazutomo Ban

Department of Radiology, Nagoya University, School of Medicine
(Director: Prof. S. Takahashi)

In order to investigate biological effects of long term microwave irradiation, a colony of 50 mice divided into 5 groups was irradiated 5 days a week for 5 minutes during the period of 7 weeks at the various power densities of 43.4, 22.9, 13.7, 11.4, and 6.8 mW/cm².

Characteristic behaviours under the exposure such as washing their faces, turning their backs toward the radiating antenna, and evading from the microwave emanation were observed particularly at power densities of 43.4, and 22.9 mW/cm².

However, in the course of experiment only a male mouse of 43.4 mW/cm²-group was died in the 3rd week.

Ten mice among survivors of the exposed groups were sacrificed by decapitation and autopsied after the experiment of a 7 week period, and the various organs were prepared for extensive histological examination. In view of the microscopic findings of those mice, it appeared that long term irradiation with microwaves produced no deleterious effects on the mice.

Thus, the biological effects of chronic irradiation on the healthy mouse were discussed in detail from the standpoint of the microwave hazards.

I. 緒言

マイクロ波は第2次世界大戦以後、レーダー波として普及し、往時より、その生体に対する障害作用が報告されている¹¹⁾²⁶⁾。1957年、McLaughlin の報告²⁸⁾以来、アンテナの近傍に於けるレーダー波の大量被曝は人体に致命的な障害を発生せしめる事が明らかとなり、レーダー波のもたらす生物

作用が職業病或いは公害問題として、俄かに、世の注目を受けるようになった²⁹⁾³⁰⁾³¹⁾³²⁾。しかしながら、非致死量の被曝を長期にわたって受けた場合の障害については、之をありとする者⁴⁾¹⁴⁾¹⁸⁾³³⁾及び否定する者がある⁷⁾⁹⁾¹¹⁾²⁶⁾。

余はマイクロ波の長期被曝に於ける障害作用を明らかにするためにマウスに短時間照射を長期に

わたり繰り返して施行し、興味ある結果を得たので報告する。

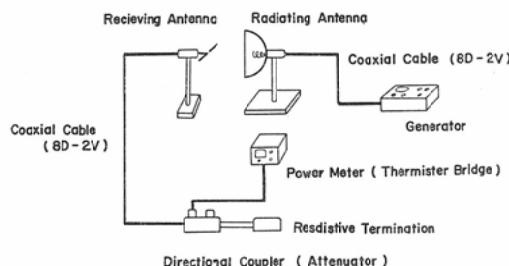
II. 研究方法

A 実験装置

1) マイクロ波発生装置：マイクロ波発生装置は既に報告して来たものである^{22,20)}。即ち、発振管として、医療用マグネットロン(M-9070)を装備し、周波数 $2,450 \pm 50$ Mc、最高出力 160Wの連続波を発振する。送信アンテナは開口面直径16.4 cmの半球状反射板付の25μラインアンテナ素子ヘリカルアンテナで発振管とは同軸ケーブル(8D-2V)で連結されている。

2) 電界強度測定：上記装置より空中に放射されるマイクロ波の電解強度を測定するのに、次の方法をとつた。長さ 6.0cm、直径 0.3cmの銅製ダイポールアンテナ(S.W.R. 1.15)により、空中のマイクロ波を受信し、同軸ケーブルにより、他端を無反射終端とする方向性結合器に導き、一定の入射電力の減衰を計りサーミスター回路により電力を測定した。即ち、電力計表示値を受信アンテナ実効開口面積($\lambda^2/8 = 18\text{cm}^2$)で除した値が電界強度(mW/cm²)となる。実験状況は第1図

Fig. 1. Block diagram of measurement of power density.

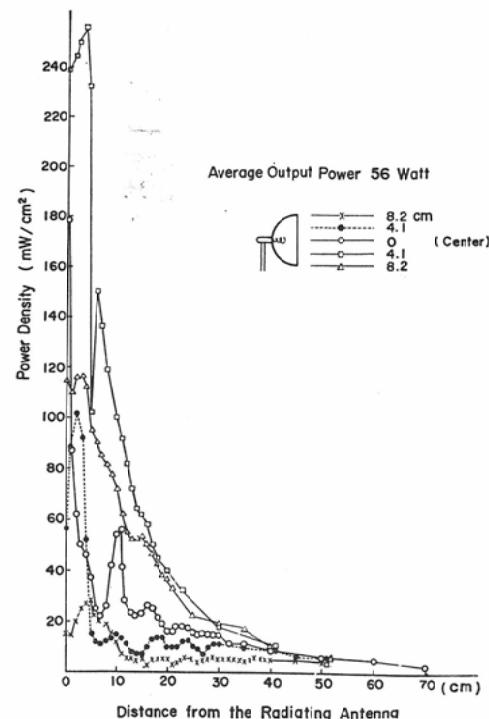


に示す如く、発振電力を56Wとし、送信アンテナの中心軸よりアンテナ開口面を水平に4部に分ち、この面に沿つて受信アンテナを水平に遠方にずらしながら移動測定した。この結果、上記装置の電界強度分布は第2図に示す如くである。

B 実験動物

実験に使用した動物は名古屋大学医学部純系動物飼育研究室より供給された健康な dd-系マウス

Fig. 2. Distribution of power densities of our microwave generator.



100匹(雄50匹、平均体重24.1g、雌50匹、平均体重20.5g)で実験開始時に生後第9週を経過したものである。雄25匹、雌25匹を照射群とし、夫々、同じ匹数を対照群として、実験開始1週間前より雌別々に5匹宛アルマイト製ケージ(31×17×13cm³)に収容し、室温22±1.5°C、湿度50%と環境条件を一定にし、飼料と水分を自由に摂取し得る様に飼育管理した。尚、飼料はオリエンタル酵母工業製固型飼料NFとNMFによつた。各ケージのマウスにはツベルクリン針により尾の皮内に墨汁を入墨し、個別的にマウスを識別可能にした。かくすれば、この標章は刺青と同じで半永久的に脱落する事なく、マウスの生態の観察を正確かつ容易にする。

C 実験方法

発振電力を128Wとし、マウスは外界からの観察を容易とし、定常波を妨せぐ目的で金属材料を使用しない竹製籠(8×8×8cm³)に収容し、緊搏固定する事なく全身照射を行つた。送信アン

Fig. 3. Arrangement of the microwave exposure.

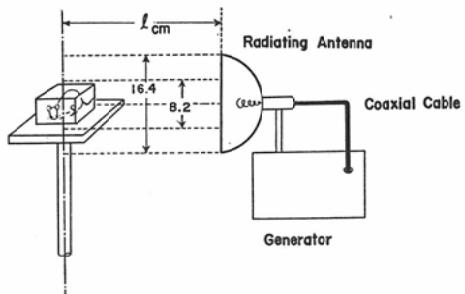


Table 1. Mouse groups exposed to the various power levels of microwaves (2,450 Mc) for the period of 7 weeks.

Distance from Antenna (cm)	Power Level (mW/cm²)	No. of Mouse	Exposure Time
30	43.4	10	
40	22.9	10	
50	13.7	10	
60	11.4	10	
70	6.8	10	

テナ開口面から、第3図の如く、その中心軸上で竹製籠中心点までの距離をl=30, 40, 50, 60, 70cmとした。この場合、第2図より、各点で測定された最高電界強度より換算してみると、電界強度は夫々43.4, 22.9, 13.7, 11.4, 6.8mW/cm²となる。照射時間は1日5分間、週5日間、合計7週間施行した。マウスは各電解強度別に第1表の如く、雄5匹、雌5匹、合計10匹を1群として照射を行つた。

照射群及び対照群ともに実験開始1週間前よ

り、体重を計測しつつ、照射中及び飼育管理中の生態について詳細に観察を行つた。更に、実験途上で死亡したマウス及び実験終了後も生存するマウスについては断頭により致死せしめて剖検し、諸臓器の病理学的検索を施行した。

III. 実験結果

A 照射中のマウスの態度

43.4mW/cm²では照射開始直後より、洗顔様運動とともにマイクロ波線源に対して背を向けて遠ざかろうとする退避の行動を示めした。22.9mW/cm²では同様に洗顔様運動は観察されたが、退避の姿勢及び行動は顕著でなかつた。13.7mW/cm²以下では上記2種類の動作は認められず、照射を行なわざる時の生態と変るところがなかつた。本実験では何れの電界強度に於いても照射中の直接致死効果は認められなかつたが、第Ⅲ週の照射終了後、10~14時間の経過で43.4mW/cm²一群の雄一匹が死亡しているのを発見した。死体に外観上の損傷はなく、剖検してみると、肺及び肝が暗赤色を呈し鬱血状態が認められた他に所見はなかつた。諸臓器を10%ホルマリン液固定、H-E染色標本による病理組織学的検索を行つたが、之については後述する。尚、その他の各照射群の非照射時の飼育室での生態は全実験期間中、対照群と変るところがなかつた。

B 体重測定結果

毎週の体重測定の結果、照射群及び対照群はともに体重は増加する傾向を示めした。第2表には

Table 2. Mean body weights of mouse groups in each power level for the experimental duration. (Before : Before exposure, After : After exposure.)

Week Group	Before	I	II	III	IV	V	VI	VII	After
43.4mW/ cm ² Gr	22.3 (1.9)	22.3 (2.3)	23.0 (2.0)	24.1 (1.9)	23.8 (2.3)	25.0 (2.0)	24.8 (2.9)	26.2 (2.9)	27.1 (3.1)
22.9 //	22.6 (2.2)	23.4 (2.8)	23.9 (2.9)	24.7 (2.7)	25.1 (2.8)	26.0 (2.1)	25.4 (3.0)	26.2 (2.4)	26.5 (2.9)
13.7 //	23.3 (3.5)	23.8 (3.7)	24.7 (3.1)	25.0 (3.1)	25.4 (3.3)	26.6 (2.8)	26.0 (3.4)	27.5 (3.5)	27.5 (3.2)
11.4 //	22.6 (2.4)	22.6 (2.3)	23.3 (2.1)	23.5 (2.0)	22.9 (2.2)	23.9 (1.3)	22.9 (1.3)	24.3± 1.0 (1.3)	24.6± 1.3 (1.7)
6.8 //	23.4 (3.1)	23.6 (3.5)	24.9 (3.3)	24.9 (3.1)	24.7 (3.3)	26.0 (2.6)	24.4 (2.7)	25.0± 1.9 (2.5)	25.7± 2.2 (2.9)
Contrast	23.3± 0.9 (3.0)	23.9± 1.0 (3.4)	25.4± 0.9 (3.1)	25.9± 0.9 (3.3)	26.3± 0.9 (3.1)	27.3± 1.0 (3.6)	26.2± 1.0 (3.4)	27.0± 1.0 (3.6)	27.6± 1.0 (3.6)

は各電界強度別の照射群及び対照群の体重平均値を各週毎に示めた。括弧内はその標準偏差である。尚、対照群、 11.4mW/cm^2 及び 6.8mW/cm^2 一群の(±)の数値は体重平均値の95%信頼区間を示す。この表より、照射群及び対照群の体重平均値の有意差を検討するために、縦軸にマウス体重(g)、横軸に照射週数(Week)をとり、対照群の体重平均値の95%信頼区間を点状帶で表し、之に各電界強度別の照射群の体重平均値を併

Fig. 4, a Mean body weights of contrast group and 43.4 mW/cm^2 group in each experimental week. 95% confidence interval of mean body weight of contrast group is illustrated by stippled column, and curve of mean body weight of 43.4 mW/cm^2 group by solid bar connecting solid circles.

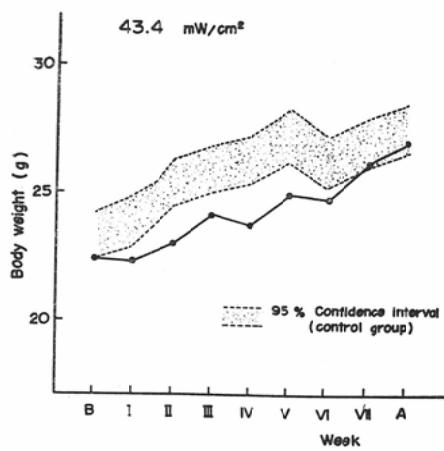


Fig. 4, b In case of 22.9 mW/cm^2 -group.

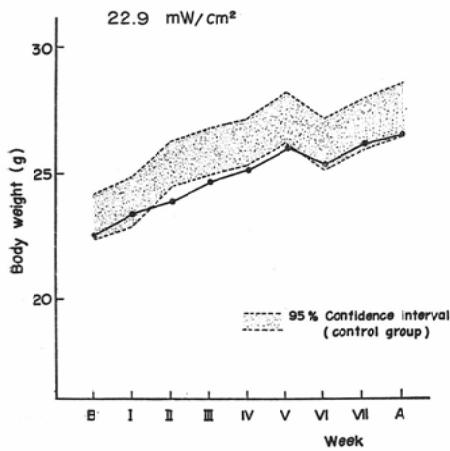


Fig. 4, c In case of 13.7 mW/cm^2 -group.

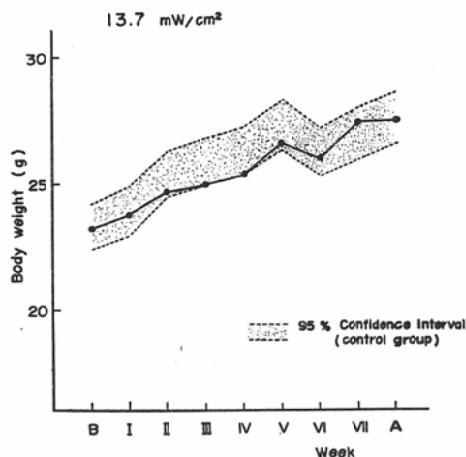
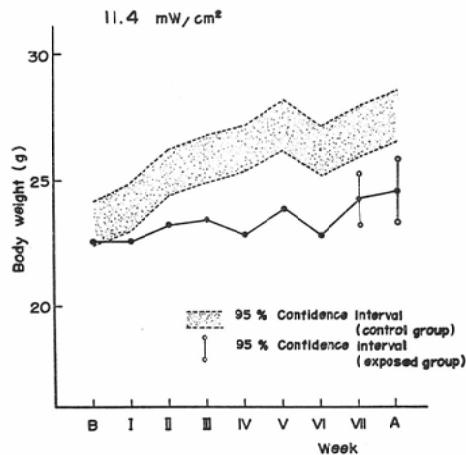
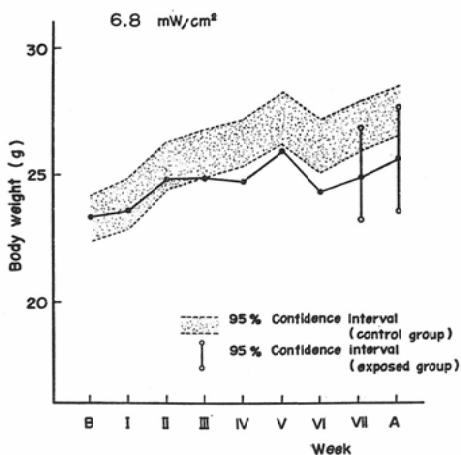


Fig. 4, d In case of 11.4 mW/cm^2 -group. The vertical lines connected by open circles represent 95% confidence intervals of mean body weights of 11.4 mW/cm^2 -group at seventh week and one week after the exposure.



記してみた。その結果は第4, a, b, c, d, e図の如くである。第4, a, b, c図より、 43.4 mW/cm^2 , 22.9 mW/cm^2 , 13.7 mW/cm^2 の各群では照射終了後及び1週間後の体重平均値は対照群の95%信頼区間に点状帶に包含されて、上記3群と対照群との体重平均値に有意の差はない。第4, d図(11.4 mW/cm^2 一群)及び第4, e図(6.8 mW/cm^2 一群)では照射終了時及び1週間後の体重平均値が点状帶外にある。そこで、この時期に於ける 11.4 mW/cm^2 一群と 6.8 mW/cm^2 一群の体重平均

Fig. 4, e In case of 6.8mW/cm²-group.

値の95%信頼区間を求めてみると、前者では第4 d図の如く、有意差を認めるが、一方、後者では第4 e図の如く、照射終了時及び1週間後の体重平均値の95%信頼区間の上限が対照群の点状帶と重複して有意の差はなくなる。

以上、全照射群の体重は増加の傾向を示めし、体重平均値は11.4mW/cm²一群を除いて対照群と有意の差はなかつた。

C 病理組織学的検索結果

1) 第VII週の照射終了後、生存せるマウスの病理組織学的検索と対照群の組織像との対比。

外観上、マウスに損傷のない事を確認後、各電界強度別に無差別に雌雄2匹を断頭により致死せしめて剖検を施行、頭部及び胸腹部の諸臓器に巨視的観察を行い、次に脳、心、肺、肝、腎、脾、副腎、胃、小腸、生殖器及び皮膚等について、10% ホルマリン液固定、H-E染色による組織標本を作製し病理組織学的検索を試みた。その結果、各臓器組織に出血、潰瘍、壊死等の変化を認める事なく、臓器実質細胞の退行性変性、壊死、炎症性細胞浸潤等の変化を認めず、間質に於ける線維成分増生、亦、小血管、毛細血管等の拡張鬱血像を認めなかつた。之等の所見は対照群の各臓器組織像と対比しても變るところはなく、正常範囲であつた。

2) 第III週の照射終了後、死亡せるマウス(43.4

Fig. 5. Histologic section of lung of the mouse (43.4 mW/cm²-group), died in the 3rd week. The pattern is typical of acute hyperemia with microscopic bleedings. ($\times 100$ H-E stain).

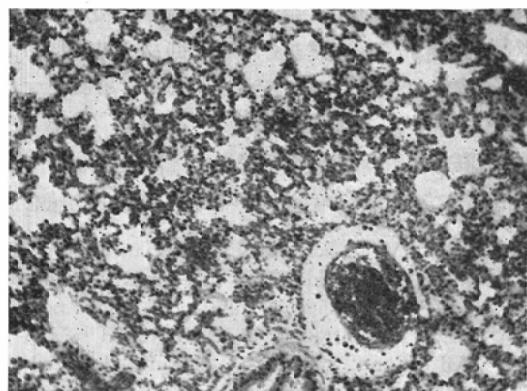


Fig. 6. Histologic section of liver of the same mouse shows marked engorgement of small vessels and sinusoids. ($\times 100$, H-E stain)

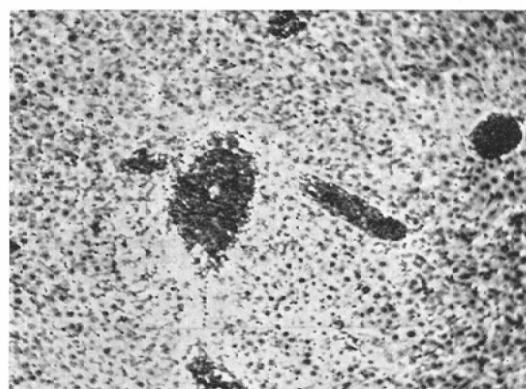
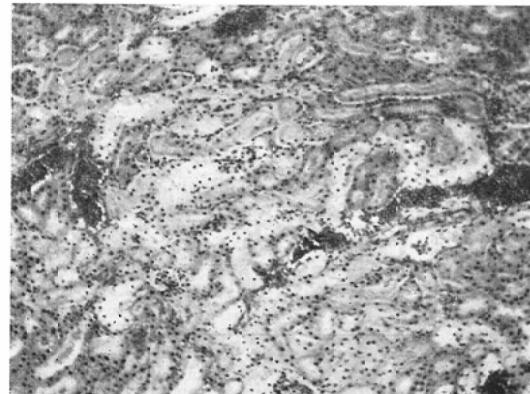


Fig. 7. Histologic section of kidney of the same mouse. Findings are consistent with that of acute hyperemia. ($\times 100$, H-E stain)



mW/cm²-群) の病理組織学的検索。

外観上、損傷のない事を確認後、剖検を施行し、頭部及び胸腹部の諸臓器に肉眼的観察を行つた結果、肺及び肝の表面が暗赤色を呈し鬱血の存在を認めた他に所見はなかつた。脳、心、肺、肝、胃、小腸、脾、腎、副腎、及び睾丸等のH-E染色標本による病理組織学的検索結果では、脳、肺(第5図)、肝(第6図)、腎(第7図)、副腎(第8a, b図)に瀰漫性充鬱血像を認めた。

Fig. 8 a Histologic section of adrenal gland of the same mouse shows marked congestion, microscopic bleeding, and cellular degenerations in the fasciculate zone. ($\times 40$, H-E stain)

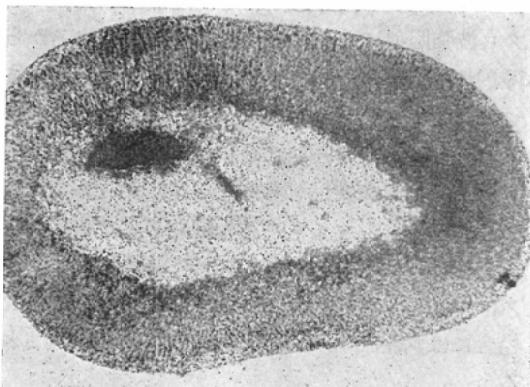
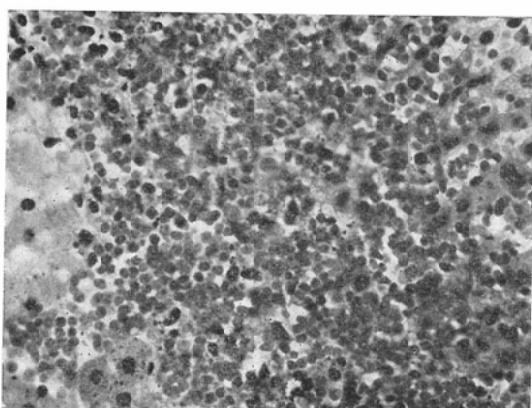


Fig. 8 b Detail of adrenal cortex in Fig. 8 a shows more clearly microscopically. ($\times 400$, H-E stain)



この中で最も顕著な変化を示めしたのは副腎で、皮質及び髓質はともに著明な鬱血像を示めす他に、皮質束状層深部に出血及び細胞変性を認め

た。

諸臓器の充鬱血像の中に、肺に於ける肺胞内漿液性物質漏出、小円形細胞遊出、上皮細胞脱落等の所見が著明でなく、心弁細胞出現、白血球浸潤及び間質線維成分増生等を認めず、亦、肝に於ける肝細胞変性萎縮、小葉間結合組織増生、腎に於ける糸球体及び尿細管細胞の変性萎縮、間質結合組織増生等の所見を伴なわず、鬱血機転の経過が急性であつた事を示めした。

Table 3. Presentation of microscopic findings observed in the various organs of the mouse (43.4mW/cm²-group), died in the 3rd week. Gradings of the changes are represented as follows: ++=marked, + =moderate, ±=slight, and - =negative.

Finding	Organ	Lung	Liver	Kidney	Adrenal Gland
Edema	+	-	-	-	-
Congestion	++	++	+	+	+
Hemorrhage	+	-	-	-	+
Cell Degeneration	-	-	-	-	+
Cell Infiltration	-	-	-	-	-
Necrosis	-	-	-	-	-

以上如き各臓器の変化の程度を第3表に示めした。

IV. 考 按

マイクロ波は在来より深部の温熱効果を期待する理学療法として医療に用いられて來たが²⁵⁾³³⁾、最近では電離放射線との併用により悪性腫瘍の治療に利用せられる機運もある⁸⁾。一方、医学の領域外の、特に、レーダー波としてのマイクロ波の生物学的作用の実態も次第に明らかにされつつある²⁹⁾³⁰⁾³¹⁾³²⁾。

マイクロ波被曝による慢性障害についてはその存在は明らかでなく、低出力で医療に用いる場合にすら、照射患部以外には厳重なマイクロ波の遮蔽を必要とする者もある¹⁸⁾。マイクロ波の生物学的作用に波長依存性の存在する事は良く知られているが¹⁰⁾、余等の実験装置より発振する12.3cmの連続波はレーダー波長域のS-bandに相当するものである³⁹⁾。元来、レーダー波はパルス波である

が、連続波との間に生物学的作用の本質的な差はない。²⁾⁶⁾

空中のマイクロ波の強度測定については簡便法として鉱石検波器による方法がある²⁾²³⁾。しかし、これでは相対的な値しか判らず電力の絶体値を求める事は出来ない。

通常、電界強度 (mW/cm^2) の測定には熱量計によるものと、サーミスターによる方法がある。後者による方法は元来、小電力の測定に用いられるが、適当な減衰器を選べば大電力の測定も可能となり²³⁾、余の空中のマイクロ波の電界強度測定の目的に適うものである。測定した電界強度分布は必ずしも均等ではないが、之は測定点の一部が near fields¹²⁾ に入るからであろう。

現在、マイクロ波の生物学的作用として、1) 熱的効果、2) 特殊熱的効果、3) 非熱的効果等が考えられている³⁴⁾。1) 热的効果は従来より明らかにされているところである⁵⁾⁶⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾²²⁾²⁴⁾³⁴⁾³⁵⁾³⁷⁾。実際、マウスが強い電界強度でマイクロ波の照射を受けると著るしい体温の上昇を来て、全身の強直性痙攣を惹起して死亡する³⁾。本実験に於いて、マウス致死電界強度を含むにも不拘³⁾¹⁹⁾、照射中の直接致死効果の得られなかつた事は本実験の最強電界強度 43.4 mW/cm^2 、5分間照射ではマウス直腸温は 40°C 以下である³⁾²¹⁾、従来、報告されているマウス致死直腸温に至らない事よりうなづける³⁾¹⁹⁾²¹⁾。 22.9 mW/cm^2 以上の電界強度ではマイクロ波照射マウスに特異な動態が観察された。しかし、2) 特殊熱的効果、3) 非熱的効果については未だ定説はなく¹³⁾³⁴⁾³⁶⁾、頭部照射により出現する諸種の神経生理学的反応を中枢神経系及び末梢神経系に対する熱的刺激によるとする者²⁷⁾もあり、ただちに、之等を非熱的効果と結びつけて考え難い。マウスの発育には概して系統、母体の状況、産子数、飼料、環境及びその他の因子が関連し、同一 dd 系統でも発育曲線に著るしい差がみられるという¹⁾。従つて、t一分布により体重平均値の 95% 信頼区間を推定して、照射群及び対照群の体重値の有意差を検討したが、長期間にわたる実験に於いては体重変動判定に厳密な

意味づけをする事は妥当ではない。いずれにしても、致死電界強度を含めた強度で繰り返してマイクロ波照射を行つても飼育室での生態は対照群とさして變るところがなく、体重も照射前と比較して増加の傾向を示す事は一回々々のマイクロ波照射がマウスに与える生理的変化或いは障害の大きくない事を示唆するものであろう。更に亦、実験終了後、生存し得た照射群に病理組織学的検索を試みても対照群と變るところがなく正常像を示したのである。一方、実験の途上で死亡したマウスには脳、肺、肝、腎、副腎等の諸臓器に著明な充血像が認められ、病理組織学的には直接死因として副腎の変化が考慮される。之等の所見はマイクロ波強照射により直接致死せしめたマウスから得られた病理組織像と極めて類似している³⁾¹⁹⁾。従つて、このマウスの死にマイクロ波照射が関与している事は考慮されねばならぬ。

以上、本実験結果を考按するに、第3報でも述べた如く通常、マイクロ波の熱効果による変化は一過性であり³⁾、長期にわたつて繰り返してマウスにマイクロ波照射を行つても、照射に耐え得た場合には障害作用を及ぼさないものと結論される。

V. 結 語

$43.4, 22.9, 13.7, 11.4, 6.8 \text{ mW/cm}^2$ の電界強度に於けるマウスのマイクロ波長期被曝障害について検討した。マウスは dd 系統で各電界強度別に一群10匹として1日5分間、週5日、合計7週間の照射を施行した。その結果、全群50匹の中で第Ⅲ週の照射終了後、 43.4 mW/cm^2 一群の一匹が死亡した。その病理組織像はマイクロ波照射により直接致死せしめたマウスの病理組織像と類似し、従つて、マイクロ波の繰り返し照射がこのマウスの死因に関与している事が考えられた。

一方、本実験に於いて、7週間のマイクロ波照射に耐え得たマウスは照射前に比較して体重は増加の傾向を示めし、亦、之等に病理組織学的検索を施行しても対照群と變るところがなく正常像を示めした。

本論文の要旨は昭和41年7月24日、日本医学放射線学

会、第31回中部地方会で発表した。本研究に於けるマイクロ波発生装置の電界強度測定については、東芝玉川工場特殊医療器課小川、柏崎、阿部、池田の四氏の多大な御協力のもとに同工場にて行なわれた。亦、病理学的検索には愛知癌センター病院臨床検査部長須知泰山博士に終始、御懇意なる御指導を頂いた。稿を終るに臨み、各位に心より感謝の意を表します。

References

- 1) 安東洪次他。：医学研究動物実験法。昭和35年。朝倉書店、東京。
- 2) 伴和友。：マイクロ波の生物学的作用の研究（第1報）。日医放会誌。Vol. 22, 1962, 743—749。
- 3) 伴和友。：マイクロ波の生物学的作用の研究（第3報）。日医放会誌投稿中。
- 4) Barron, C.I., et al.: Physical evaluation of personnel to exposed microwave emanations. J. Aviation. Med. Vol. 26, 1955, 442—452.
- 5) Boyle, A.C., et al.: Further investigation into the effects of microwave. Ann. Phys. Med. Vol. 1, 1952, 3—16.
- 6) Boysen, J.E.: Hyperthermic and pathologic effects of electromagnetic radiation (350 Mc). A.M.A. Archiv. Indust. Hyg. Vol. 7, 1953, 516—525.
- 7) Braum, H., et al.: Tierexperimentelle Untersuchungen mit Mikrowellen. Strahlentherapie. Vol. 99, No. 4, 1956, 617—623.
- 8) Cater, D.B., et al.: Combined therapy with 200 kV roentgen and 10 cm microwave heating in rat-hepatoma. Acta Radiologica. Vol. 2, 1964, 321—336.
- 9) Charles, I.B.: Medical consideration of exposure to microwave (radar). J.A.M.A. Vol. 168, 1958, 1194—1199.
- 10) Clark, J.: Effects of intense microwave radiation on living organisms. Proc. IRE. Vol. 38, 1950, 1028—1032.
- 11) Daily, L.E.: Clinical story of results of exposure of laboratory personnel to radar and high frequency radio. U.S. Nav. Bull. Vol. 41, 1943, 1052—1055.
- 12) Engelbrecht, R.S., et al.: Some engineering aspects of microwave radiation hazard. Proceedings of the Fourth Annual Tri-Service Conference on Biological Effects of Microwave Radiation. New York University Medical Center. 1961, Plenum Press, New York.
- 13) Epstein, M.A., et al.: The effects of microwave on the Rous, No. 1 Fowl Sarcoma Virus. Brit. J. Cancer. Vol. 5, 1951, 244—252.
- 14) Frank, L.: Researching microwave health hazards. Electronics. Vol. 32, No. 8, 1959, 49—53.
- 15) Frank, W.H.: The pathology of hyperpyrexia. Proceedings of the Second Tri-Service Conference on Biological Effects of Microwave Energy. Rome Air Development Center, 1958, New York.
- 16) Gersten, J.W., et al.: Effects of microwave diathermy on peripheral circulation and on tissue temperature in man. Archives of Physiol. Vol. 30, 1949, 7—25.
- 17) Gordon, M.M., et al.: Further evaluation of heating by microwave and infrared as used clinically. J.A.M.A. Vol. 159, No. 26, 1957, 1286—1287.
- 18) Heines, H.M., et al.: Possible industrial hazards in the use of microwave radiation. Electrical Engineering. Vol. 71, 1952, 879—881.
- 19) 蓬萊裕。：マイクロウェーブの生物に及ぼす影響（第1報）。日医放会誌。Vol. 22, 1962, 173—181。
- 20) 池田洋。：マイクロ波の生物学的作用に関する研究（第2報）。日医放会誌。Vol. 26, 1966, 284—288。
- 21) 池田洋。：マイクロ波の生物学的作用に関する研究（第5報）。日医放会誌掲載予定。
- 22) Kebbel, W., et al.: Die Waerme-Verteilung in Fett-Muskel-Schicht bei Ver-Mikrowellentherapie. Strahlentherapie. Vol. 54, No. 2, 1954, 107—115.
- 23) 香西寛。：極超短波入門。昭和36年、OHM文庫、東京。
- 24) Krusen, F.H., et al.: Preliminary report of experimental studies of the heating effects of microwave in living tissues. Proceedings of the Staff Meeting of Mayo Clinic. Vol. 22, No. 11, 1947, 209—224.
- 25) Kuttig, H.: Die Mikrowellen-Therapie und ihre Physikalischen und Biologischen Grundlagen. Elektromedizin. Vol. 3, No. 7, 1958, 201—206.
- 26) Lidmann, B.I.: Effects of radar emanations on the hematopoietic system. Air Surgeon. Bull. Vol. 2, 1945, 448—449.
- 27) McAfee, R. A.: Neurophysiological effects of 3 cm-microwave radiation. Am. J. Physiol. Vol. 200, 1961, 192—194.
- 28) McLaughlin, J. T.: Tissue destruction and death from microwave radiation (radar). Calif. Med. Vol. 86, No. 5, 1957, 336—339.
- 29) Proceedings of the Tri-Service Conference on Biological Effects of Microwave Radiation. Rome Air Development Center. 1957, New

- York.
- 30) Proceedings of the Second Tri-Service Conference on Biological Effects of Microwave Energy. Rome Air Development Center. 1958, New York.
- 31) Proceedings of the Third Tri-Service Conference on Biological Effects of Microwave Equipment. Rome Air Development Center. 1959, New York.
- 32) Proceedings of the Fourth Tri-Service Conference on Biological Effects of Microwave Radiation. Rome Air Development Center, New York University Medical Center. 1961, Plenum Press, New York.
- 33) Schliephake, E.: Kurzwellen und Mikrowellen-Therapie in Klinik und Praxis. Elektromedizin. Vol. 2, 1957, 1-7.
- 34) Schwan, H.P., et al.: The absorption of electromagnetic energy in body tissues. A review and critical analysis. Ann. J. Phys. Med. Vol. 33, 1954, 371-404.
- 35) 梅原千治. : 極超短波の生物に及ぼす影響について. 日医放会誌. Vol. 10, No. 7, 1950, 33-45.
- 36) Victor, T.T.: Specific thermal effects of high frequency fields. Proceedings of the Fourth Tri-Service Conference on Biological Effects of Microwave Radiation. New York University Medical Center. 1961, Plenum Press, New York.
- 37) Von A. Boenig, et al.: Temperaturmessungen an tierischen und menschlichen Gewebe nach Bestrahlung mit Mikrowellen ($\lambda=17\text{cm}$). Archiv. Phys. Therap. Vol. 4, No. 3, 1952, 174-203.
- 38) Walter, J., et al.: Radiation Hazards Board a guided Missile Cruiser. U.S. Armed Forces. Med. J. Vol. 10, No. 5, 1957, 513-523.
- 39) 矢島幸雄. : レーダー取扱の実際. 昭和34年, OHM文庫, 東京.
-