

コンクリート, ラワン, ガラスによる マイクロ波防護効果の検討 (マイクロ波の生物学的作用の研究 第2報)

名古屋大学医学部放射線医学教室 (主任: 高橋信次教授)

池 田 洋

(昭和40年11月6日受付)

Studies on biological effects of microwave radiation (second report)
Investigation of shielding effect of concrete, lauan and glass against microwave radiation

by

Hiroshi Ikeda

Department of Radiology, Nagoya University School of Medicine, Nagoya

(Director: Prof. Shinji Takahashi)

In order to know the shielding effect of the material on the microwave radiation, concrete $40 \times 40 \times 5$ cm in colum, $40 \times 40 \times 10$ cm, lauan $40 \times 40 \times 1$, $40 \times 40 \times 2$, $40 \times 40 \times 3$, $40 \times 40 \times 4$, $40 \times 40 \times 5$, 10 cm and glass $40 \times 40 \times 0.3$, $40 \times 40 \times 0.5$, $40 \times 40 \times 0.8$ cm were examined. Intensity of 43.4 mw/cm^2 was irradiated with the microwave generator emanating 2450 ± 50 megacycles continuous wave, which was manufactured by Tokyo-Shibaura Electr. Co. The rates of penetration of microwave shown by concrete and lauan in colum of $40 \times 40 \times 10$ cm were 0.8 and 13% respective. 49 per cent was obtained from glass $40 \times 40 \times 0.8$ cm in colum. Concrete showed a good rates in shielding effect.

1. 緒 言

Radar に用いられるマイクロ波は電離効果を伴わない電磁波であつて、従来の短波、超短波に比し波長が短くその誘電効果により被照射体に熱を産生する⁴⁾⁶⁾⁷⁾。

最近、Radar 波の使用頻度がたかまるにつれ、Radar 基地でのこのマイクロ波の基地従業員に対する障害が問題となつて来た⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾。マイクロ波照射による生物学的効果は熱産生による、所謂、hyperthermia, hyperpyrexia の夫である⁷⁾。

この他にマイクロ波独自の作用のあることを述べる人もあるが、それは少い⁶⁾⁸⁾。

余等は、マイクロ波障害の予防にはその被曝を少くするのが最も良い方法であると考えたので、

コンクリート、木材及びガラスによるマイクロ波の遮蔽効果を検討した。

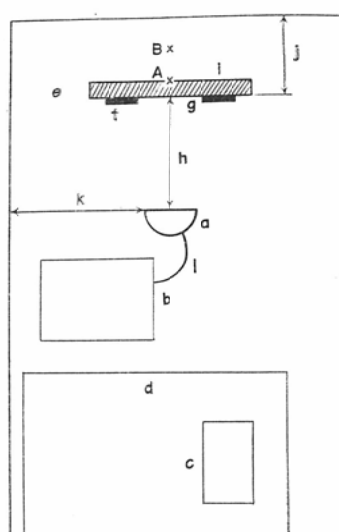
2. 実験方法

A. マイクロ波発生装置

第一報で報告した発生装置が破損したのを機会に、次の如き定格を有する新しいマイクロ波発生装置を東芝の協力を得て試作した。

電源は単相交流 100V で、出力は最大 200W、周波数は $2450 \pm 50 \text{ MC}$ 、であり、その構成は、本体 (高電圧発生部、マイクロ波発生部 M-9070、制御部)、アンテナ、電源ケーブル及び接地線、同軸ケーブルよりなつている (第1図)。

アンテナは半球状、反射板付の螺旋形アンテナである。本装置を用いて測定した様々な条件下に



a: input antenna, b: our generator, c: galvanometer, d: shielding box made by 24 mesh copper wire netting, e: screen made by 24 mesh copper wire netting, f: lead plate, g: window (17×14cm in size), h: distance from input antenna to object, i: object, j: distance from wall to screen, k: distance from wall to input antenna, l: co-axial cable, A: point A (just behind the object), B: point B (10 cm far from the back of the object)

Fig. 1: Schema of arrangement of experimental apparatus.

おける夫々の電界強度は第1表の通りである。この測定は、発振管の出力70W、送受信アンテナ間距離を10cmから80cmに変化せしめ、そして、各距離において送信アンテナと受信アンテナとの相対角度を40度から160度まで変えて行つてある。単位は W/cm^2 であらわしてある (第1表)。

なお、本測定は東芝玉川工場技術部特殊器械技術課の援助を乞うた。

B. 照射条件

上述の発生装置を用い、次の如き照射条件で実験を行つた。出力は128W、アンテナ開口面と開口面に対向せる被検体表面との距離は30cmである。第1表の測定値を用いて、発振用アンテナの中央を通る水平面における該部の電界強度を計算すると $43.4mW/cm^2$ となる。計算に使用した測定値は、送信アンテナと受信アンテナとの相対角度が90度の夫を用いた。

C. 実験材料

実験に供した材質は、コンクリート、木材及びガラスで、その大きさは各材質とも等しく 40×40 cmである。

コンクリートはセメント1、砂1の割合で混じ作成したもので、厚さが5cm、10cmの2種類で内部には鉄筋、鉄骨或は含気物等はい入っていない。

木材は「フシ」のない乾燥せるラワン材を使用し、厚さが1cm、2cm、3cm、4cm、5cm、10cmの6種類を用いた。

ガラスは無色透明のソーダガラスを使用し、厚さが、3mm、5mm、8mmの3種類を用いた。

D. 実験方法

マイクロ波強度の測定には、昭和35年に教室の伴が報告した銅線 (径3mm) でつくつた、その長さが余等のマイクロ波の半波長に相当する dipole antenna を用いた。この dipole antenna と検波用 SD-46 ダイオードを並列に連絡し、これに更に、横川電機製作所精密電流計に接続しマイクロ波の強度を数値的に表現するのに資した。

24mesh の銅製金網はマイクロ波を完全に遮蔽することが確めてあるので¹⁾、この金網を用いてアンテナより電流計までのリード線は全てシールドし、且又、この銅製金網は接地し実験を行つた。

電流計は、24mesh 銅製金網で作製した shielding room 内に設置しマイクロ波より遮蔽した。これで電流計に示されるマイクロ波の強度は dipole antenna より吸収されたもののみを表示することになる。

余等の装置の発振用アンテナの発振方向には、前方105cm、左方75cmの距離に実験室の壁があり、又右方には160cm離れた位置にX線深部治療装置がある。

従つて、かかる装置と実験室壁との相互位置関係のもとで、マイクロ波照射を行えば、実験室の壁からの反射波がかなり存在する¹⁾。この壁からの反射波を可及的に防ぐ為に、今回余等は、 80×90 cm の大きさの木の枠に24mesh の銅製金網をはつてスクリーンを作成した。そしてこのスクリーンをアンテナ開口面に対向させた。次いで発振用

Table 1. Power density per square centimeter (out put power 70 W)

angle *	Distance from input antenna to receiving antenna (cm)							
	10	20	30	40	50	60	70	80
	(w/cm ²)	(w/cm ²)	(w/cm ²)	(w/cm ²)	(w/cm ²)	(w/cm ²)	(w/cm ²)	(w/cm ²)
40	0.0007	0.0004	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
50	0.0017	0.0013	0.0009	0.0007	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
60	0.004	0.004	0.0025	0.0015	0.0009	0.0009	0.0008	0.0006
65	0.0055	0.0053	0.004	0.0023	0.0012	0.0013	0.001	0.0009
70	0.0089	0.0062	0.0059	0.0032	0.0018	0.0018	0.0011	0.001
75	0.0152	0.0081	0.0076	0.0043	0.0024	0.0021	0.0013	0.0012
80	0.0223	0.0104	0.01	0.0051	0.0028	0.0024	0.0015	0.0012
85	0.0223	0.0123	0.0095	0.0055	0.0030	0.0023	0.0013	0.0011
90	0.026	0.0144	0.0088	0.0053	0.0028	0.0021	0.0012	0.001
95	0.0289	0.0142	0.0078	0.0046	0.0023	0.0018	0.001	0.0009
100	0.0294	0.0115	0.0064	0.0034	0.0018	0.0011	0.0008	0.0007
105	0.0275	0.0071	0.0045	0.0022	0.0011	0.0008	0.0006	0.0006
110	0.0242	0.0046	0.0028	0.0012	0.0008	0.0004	0.0004	0.0004
115	0.0142	0.0025	0.0015	0.0008	0.0006	0.0003	0.0002	0.0002
120	0.0059	0.0014	0.001	0.0005	0.0004	0.0002	0.0002	0.0002
130	0.0018	0.0011	0.0006	0.0004	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001
140	0.0022	0.0013	0.0006	0.0005	0.0003	0.0002	0.0002	0
150	0.0019	0.0009	0.0006	0.0004	0.0002	0.0002	0.0002	0
160	0.0011	0.0006	0.0004	0.0003	0.0002	0.0002	0	0

* Angle formed by the input antenna and receiving antenna.

Table 2. Effectiveness of concrete, lauan wood and glass on shielding of microwave radiations by expressing the rate of penetrating with per cent of amount of irradiation dose.

object	size	number	point A (just behind the object)	point B (10 cm far from the back of the object)
concrete	40×40×5 cm	1	6 %	11%
	40×40×10	1	0.8	0
glass	40×40×0.3	1	82	92
	40×40×0.5	1	51	74
	40×40×0.8	1	49	50
lauan	40×40×1	1	73	69
	40×40×2	1	63	48
	40×40×3	1	42	44
	40×40×4	1	30	22
	40×40×5	1	24	23
	40×40×10	1	13	4
24 mesh copper wire netting		1	1.0	0
without object			100	100

アンテナ開口面の中心軸が、このスクリーン上の
面で90度をなす部位に17×14cmの切り抜きをつく

つた。マイクロ波の主線束が照射されるこの切り
抜きの四辺周囲には、厚さ1mm、巾20cmの鉛板

で、24meshの銅製金網の上から更に被覆した。

このようにすれば、発振アンテナより放射されたマイクロ波の前方壁よりの反射を殆んど防ぐことが出来る。

被検体を上述の切り抜きの部位に、切り抜きの中心と被検体の中心とが一致する様にスクリーンの裏面より設置する。被検体の支持には、スクリーンの切り抜きの下方に支持板を設けこれに被検体を積載し、被検体とスクリーンが密着するようにし行つた。

測定は、被検体の裏面中央と該部より10cm後方の2点で行つた。以後、被検体裏面中央における測定点をA点、該部より10cm後方の測定点をB点とする(第1図)。

被検体をおかない時測定し得たA点及びB点における測定電流値を夫々100%として、被検体が設置された場合の電流値がその何程に相当するかを即ち透過率とし実験結果とした。

3. 実験結果

コンクリートとラワン材を同じ厚さ(5cm, 10cm)において比較すると、その遮蔽効果は、コンクリートがラワン材よりはるかに優れていることがわかる。

材質の厚さの変化に伴うマイクロ波の透過性についてみると、コンクリートでは、厚さが2倍になるとマイクロ波の透過率は略々 $\frac{1}{8}$ となる。ラワン材では、厚さを10倍にしても透過率は略々 $\frac{1}{6}$ である。

ガラスは厚さ5mm, 8mmでは透過率は被検体を置かない場合の略々 $\frac{1}{2}$ となる(第2表)。

4. 考 按

周波数について：周波数は 2450 ± 50 MCで、之は医療用にわりあてられた周波数帯である¹⁾。

出力について：余等の実験室の構造からみて出力を大にすれば室内の散乱線は著しく増加することが予測される。又、余等の実験は第1報以来全て出力200W以内で施行している。以上の主たる2点から出力最大200Wのマイクロ波発生装置を試作した。

連続波について：余等が用いたマイクロ波は連

続波である。マイクロ波の生物学的効果に最も関係のある熱効果は連続波であれ、パルス波であれその間に質的な差はないと考える²⁾。

実験材料について：ガラスは最大8mmの厚さで実験を行つた。これは実際の建造物の多くは樫を単位とするような厚さのガラスを用いることは少いと考えたからである。コンクリートは三材の中で最も遮蔽効果があることが判明した。余等が用いたコンクリートには金属は一切加えてない。鉄筋、鉄骨をあわせ用いることによりその遮蔽効果は更に増すものと考えられる。

実験結果について：一般にマイクロ波野にはマイクロ波線束がたがい干渉し合つてその強度が距離に無関係な領域即ちnear fieldと、antennaより規則正しく距離の自乗に逆比例するfar fieldとがある¹⁾⁵⁾。従つて余等が測定を行つたA点及びB点がfar fieldにあるならばこの両点で測定されるマイクロ波強度の測定値の比は等しくなると考えられる。しかし実験結果にはバラツキが認められる。即ち、これ等測定点はnear field或はnear region¹¹⁾に在ることが考えられる。Barron等によればnear fieldにおいてはradar beamの事軸よりの偏位は理論的なものと実際のものとは異なるという²⁾。即ち、偏位する度合は理論的なものに比し実際は大きいと考えられる。従つてこの程度のバラツキは当然考えられるところである。

5. 結 論

コンクリート、ラワン、ガラスのマイクロ波遮蔽効果を 2450 ± 50 Mcの連続波を用い出力128Wで検した。銅製のdipole antennaを用いて被検体後面及び之より10cm後方の2点のマイクロ波強度を電流値として測定し、被検体がない時の電流値の何%に相当するかを検した。一般に厚さが増すとともに遮蔽効果が認められた。厚さ10cmのコンクリート、ラワンの後面ではそれぞれ0.8, 13%であり0.8mmのガラスでは49%、対照の24meshの銅製金網では1%であつた。以上よりマイクロ波遮蔽効果は三材の中ではコンクリートが最もすぐれ、厚さ10cmのものでは銅製金網とほぼ同等であつた。

(本論文の要旨は昭和41年11月28日, 第29回日本医学放射線学会中部地方会で発表した。なを, マイクロ波発振器の電界強度測定については東芝玉川工場小川, 柏崎, 阿部, 池田の4氏に多大なる御協力をいただいた。ここに厚く感謝の意を表します。)

文 献

- 1) 伴和友: マイクロ波発生装置及びマイクロ波の比較強度測定 (マイクロ波の生物学的作用の研究, 第1報) 22/6, 1962, 743—749.
- 2) Barron, C.I., Love, A.A. and Baraff, A.A.: Physical evaluation of personnel exposed to microwave emanations. J. Aviation Med. 26, (1955), 442—452.
- 3) Barron, C.I. and Baraff, A.A.: Medical considerations of exposure to microwaves (Radar). J.A.M.A 168/9, (1958), 1194—1199.
- 4) Boyle, A.C., Cook, H.F. and Woolf, D.L.: Further investigations into the effect of microwaves. Ann. Phys. Med. 1, (1952), 3—16.
- 5) Engelbrecht, R.S., et al.: Some engineering aspects of microwave radiation hazards, Proceedings of the Fourth Annual Tri-Service Conference on the Biological Effects of microwave Radiation 1, (1961), 55. Plenum Press, New York 1)より引用
- 6) Heines, H.M. and Randall, L.E.: Possible industrial hazards in the use of microwave radiation. Electrical Engineering, 71, (1952), 879—881.
- 7) Johnson, W., Kindsvater, V.H. and Shaw, C.C.: Radiation hazards aboard a guided missile cruiser. U.S. Armed Forces Med. J., 10/5, (1959), 513—523.
- 8) Leary, F.: Researching microwave health hazards. Electronics, 32/8, (1959), 49—53.
- 9) Lidman, B.I. and Cohn, C.: Effects of radar emanations on hematopoietic systems. Air Surgeon's Bulletin, 2, (1945), 448—449.
- 10) RADC-TR-59-140, Technical Report, proceedings of Third Annual Tri-Service Conference on Biological Effects of Microwave Radiating Equipments, 25, 26, 27, August, 1959, Rome Air Development Center, New York.
- 11) Volgelman, H.S.: Physical characteristics of microwaves as related to biological effects, Proceedings of the Second Tri-Service Conference on Biological Effects of Microwave Energy, 8, 9, 10, July, 1958, Rome Air Development Center, New York.