日本医学放射線学会雑誌　第18巻　第1号

β線外部照射に依る皮膚反應(主として人體)に關する研究

横浜市立大学医学部放射線科教室（主任　津屋旭教授）
廣　石　全　司

（昭和32年9月7日受付）

（本論文の一部は昭和30年4月，昭和31年5月第14，15回日本医学放射線学会総会に於て報告した．）

目　次

内容抄録

各種の Sr^{90}-Y^{90} β線源（平面線源35.4～591 μc/cm² 及び強線照射器約 14300μc/cm² 計7個）を用い主として人体及び家兎皮膚に密着照射を行い外部照射に関する諸事項（皮膚反応，時間的因子，深部効果等）に就いて検討した．

1）30～5100μch/cm²迄の一回照射を人体皮膚に行い，表皮剝脱，水疱（糜爛）形成の有無で，弱い反応（1,2 型），中等度反応及び強い反応（1～5型）に分類した．此等は照射線量に関係し即ち threshold reaction30μch/cm², threshold erythema 100μch/cm², 弱い反応 200μch/cm²迄，中等度反応 200～ 500μch/cm², 強い反応それ以上となつた．早期紅斑も線量に関係し，著明な紅斑波は第二波迄で後に表皮剝脱，水疱を伴つた．水疱後の糜爛は難治性でなく約3週間で治癒し

た．顕微鏡所見は肉眼所見に略と対応的で皮膚の比較的表層部位に得られた．軽度なものは，表皮の萎縮，色素沈着，変性，真皮の浮腫，基底膜及び弾力線維の断裂，血管拡張と壁膨化等であるが糜爛時には最も強い変化を示し表皮欠損や真皮の強い炎症像を示した．糜爛回復後は表皮の再生を認めた．衰弱高度なものは皮膚反応は弱かつた．

2）線強度の異る4線源（14300，412.7，104.8，35.4μc/cm^2）を用い人体皮膚に1700（一部850）μch/cm^{2}照射を行い遷延因子の検討を行つた．最強線源は最も強い反応を起す傾向があつたが，他は必ずしも線強度の順にならなかつた．

3）強線照射器で家兎背面に4000μch/cm^{2}を1回及び分割（毎日10回，毎日5回，隔日5回）照射を行い分割因子に就き検討したが1回照射は最も反応強く，他は著差は認められなかつた．

4）強線照射器で家兎耳殻（厚さ約0.7～1.0㎜）に400～8000μch/cm^{2}照射を行い小川氏の血管墨流し法に依りβ線の深部効果の検討を行つたが，一般外部照射治療条件では約2～3㎜内外と思われる．

I　緒　言

従来β線治療に関する研究は極めて少なく僅かにラジウムボタンが使用されていた程度に過ぎなかつたが，戦後各種の人工放射性同位元素が輸入されβ線源が量的にも質的にも非常に豊富になり外部，内部β線治療が容易に行われる様になつた．殊に外部照射は比較的簡易であるので各方面（特に皮膚科，放射線科）に於て表在性病巣の治療に広く使用されつゝある．

β線外部照射時の主体は皮膚に対するβ線の作用と考えられるが此の方面の研究は動物実験ではRaper等の広汎な研究があるが，人体皮膚に就いてはLow-Beer, Raper, Friedell, Sinclair, Witten, Griffith, Moulinard, Yiannakopoulos, 大塚，伊東等の研究が散見される程度で尚系統的観察に乏しい．一方半減期の長い各種のβ線源が製作され術者の希望する平面濃度が得られ，例えば僅か数秒で病巣に目的線量を照射し得るものから数日にわたり弱線長時間照射の可能な線源がある．従つて今後β線照射の時間的配量も複雑化する事は当然である．又今回目標としたβ線密着照射の場合の皮膚表面の照射線量の実態を把握する事は可成り困難なことである．かゝる見解に於て私は各種濃度の線源，線量のβ線を以て人体皮膚の外部照射を行い其の影響を肉眼的且つ顕微鏡的に観察し配量的基礎研究を試み，又時間的線量分布の相違に依る反応の差及びβ線の深部効果の問題に就いて一部家兎を用い検討したのでこれを報告する．

II　皮膚反應一般

1.　研究目標

各種線量のβ線外部照射を行い，人体皮膚反応の種類，経過，線量との関係等を検索する．

2.　研究方法

1）研究対象

照射対象は男性20名，女性25名計45名で大部分当病院放射線科入院患者である．照射部位は主として上腕屈側健康皮膚面で（4名のみ乳，腰，大腿部等）照射野は1名に就き1～10カ所合計153カ所である．年令は19～66歳で40～50歳（～60歳）代が圧倒的に多い．此等照射皮膚の中77カ所（22名）を切除，直ちに10%ホルマリン液で固定し，ヘマトキシリン－エオジン，エラスチカ－ワンギーソン，パス染色等を施し顕微鏡的に観察した．

2）照射線源及び線量

照射線源としてはSr^{90}-Y^{90}よりのβ線を使用した．Sr^{90}は表1の如き核崩壊を行う．

表1　Sr^{90}の崩壊

$$
\begin{array}{l}
{}_{38}Sr^{90} \\
\text{H.L. 19.9年} \searrow \beta\text{-(Emax. 0.6Mev)} \\
{}_{39}Y^{90} \\
\text{H.L. 62時間} \searrow \beta\text{-(Emax. 2.35Mev)} \\
{}_{40}Zr^{90}
\end{array}
$$

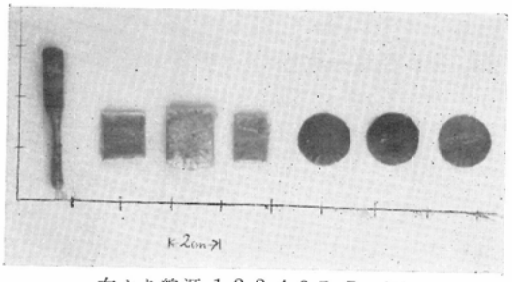
Sr^{90}-Y^{90}の半減期は19.9年で長期使用が可能であり，Y^{90}-Zr^{90}の時放射するβ線のエネルギーは強くEmax 2.35 Mevであり使用に便である．

使用線源は表2，図1の如き平面線源及び強線

表2　使用した各種 Sr^{90}-Y^{90} β線源

		線源の大きさ cm²	全放射能の強さ μc	μc/cm²
平面線源	1	3.14(円形)	106	35.4
	2	同　上	306	97.5
	3	同　上	309	104.8
	4	1.3× 1.8	380	162.4
	5	1.7× 1.9	1333	412.7
	6	1.9× 2.1	2360	591.0
強線照射器	7	0.6(円形)	約 20000	14294.7

図1　使用した線源



右より線源 1, 2, 3, 4, 6, 5, 7 の順

表3　紅斑及び色素沈着濃度基準

	CR	MR	CR	TB	AZY	CPR
±		6.4	7.2			5.2
+	1.2		7.4	2.8	10.0	
++	1.0	6.2		2.6	10.8	5.4
+++	0.8	6.0	7.6		11.0	
++++	0.6		7.8	2.4	11.2	
+++++	0.0				11.4	
++++++		5.8		2.2	11.6	
+++++++		5.6			11.8	

照射器である．上記線源の作製法に就いては既に日本医学放射線学会雑誌（14巻7号，15巻4号）に発表したのでそれを参照願いたい．

上記各線源で30μch/cm² から5100μch/cm² までの各種線量の密着一時照射を行つた．（線源と皮膚間に空隙が出来ぬ様に絆創膏，繃帯，手等で充分固定した．）此等平面線源よりの線量を rep数で表わすことは β 線測定装置が無いので不可能であるが，従来の文献と比較する意味で計算によ

表4　弱い反応の肉眼的

	氏名	年齢	性	照射線量	肉眼的所見 早期紅斑	色素沈着 出現日	色素沈着 移行日	色素沈着 濃度	組 照射後切除迄の日数	切除時の色素沈着	表皮 萎縮	表皮 色素沈着
1	S. T.	40	♀	35 (1)	−	／	／	−	15時間	無変化	なし	正常
2	K. T.	50	♀	35 (1)	±?	／	／	−	17	無変化		
				100 (2)	±	6	7	±	18	±	軽度	中等度
				850 (2)	+	4	6	++	46	++	甚だ高度	高度
				850 (1)	++	4	7	+++	49	+++	なし	中等度
3	K. F.	39	♂	35 (1)	±	?	11	±	43	±	極く軽度	軽度
				100 (1)	+	8	14	++	47	++	軽度	中等度
				100 (2)	+	8	14	++	47	++	同上	
				200 (3)	++	6	14	++	47	++	同上	中等度
4	S. Y.	57	♀	80 (7)	−	3	3	+	58	+	なし	軽度
				160 (7)	−	3	3	++	58	++	中等度	中等度
				240 (7)	−	8	8	++	39	++	略ゝ正常	同上
				430 (1)	−?	1	5	++	60	++	同上	同上
				480 (7)	+	5	7	++	39	++	軽度	同上
				820 (1)	+	3	6	++	54	++	同上	同上
5	F. N.	45	♀	850 (1)	++	5	8	+	28	±	中等度	軽度

り概算した．（幾多の仮定が入るので正確は期し難い．）

Seaman W.B. に依れば線源から垂直でxの距離にある部の受ける線量（I）は

$I = 1/2\ I_0 e^{-\mu x}\ (1 - e^{-\mu s})$ である．

I_0：無限大の厚さの線源の放射能の強さ

μ：吸収係数

s：線源の厚さ

e：自然対数の底

従つて皮膚表面の受ける線量は線源皮膚間距離をaとすると

$I = 1/2\ I_0 e^{-\mu a}\ (1 - e^{\mu s})$ である．

$a = 0.015 g/cm^2$, $s = 0.02 g/cm^2$（実測），μ（Y^{90}の質量吸収係数）$= 2.4 cm^2/g$（文献）を代入すれば

$I = 1/2\ I_0 e^{-(2.4\times0.015)}[1 - e^{-(2.4\times0.02)}]$ となる．

而して $I_0 = \dfrac{3.7\times10^4\times\ 0.9\times60}{5.18\times10^7}\times\mu c/cm^3$

$= 0.039\times\mu c/cm^3$ rep/min. であるから線源1に就いて計算すると

$I_1 = 1/2\left(0.039\times\dfrac{35.4}{0.02}\right)\times\ 0.965\times(1 - 0.953) = 1.55$ rep/min. となる．

3）観察方法及び期間

上記の如く線強度の異る各照射器に依り各種線量の一時照射を行い，惹起される皮膚変化を毎日出来る限り長期間（最長約3年）に亘つて観察する．皮膚変化として種々の程度の紅斑，色素沈着等があるが此等の強弱の判定には今岡にならい東洋濾紙株式会社製の水素イオン濃度試験紙標準変色表のうちクレゾールレッド（CR），メチールレッド（MR），チモールブルウ（TB），アリザリンエロー（AZY），クロールフェノールレッド（CPR）を基準として使用した．此等の色調に等級をつけ表3の如く一応±～卅の8段階に分けた．実際観察する場合は感覚，光線の状態，基準色と

及び組織学的所見

織学的所見					
真皮			血管		備考
基底膜	浮腫	弾力線維			
正常	極く軽度	正常	正常	毛細血管拡張軽度	
異常なし					
稍ゝ不明瞭	中等度	顆粒状断裂	細少	血栓性静脈炎・毛細血管，リンパ管拡張	表皮細胞解離
一部断裂消失	軽度	一部消失	一部断裂	毛細血管拡張，深い血管，リンパ管拡張，壁の膨化断裂	軽度の角質増殖
正常	軽度	正常	一部断裂膨化	毛細血管，リンパ管拡張，壁膨化	角質増殖強い
一部軽度に断裂	なし	正常	正常	正常	角質増殖
一部消失	極く表層に軽度	一部断裂	略ゝ正常	表皮直下の毛細血管軽度の拡張，内被細胞腫脹	同上
同上			同上		
同上	同上	同上	一部断裂	毛細血管軽～中等度に拡張充血，壁膨化	
正常	なし	正常	正常	正常	
一部消失	なし	一部軽度断裂	同上	同上	
同上			同上		
略ゝ正常	軽度	正常	同上	血管殊にリンパ管拡張	
同上	同上	一部軽度に断裂	同上	毛細血管拡張（充血？）	
一部軽度に消失	極く軽度	同上	同上	リンパ管拡張，毛細血管壁稍ゝ膨化し内被細胞腫脹	
断裂著明	中等度	断裂稍ゝ著明	断裂稍ゝ著明	深部の太い静脈鬱血，毛細管腔狭隘と壁膨化	

の不一致等により厳密に皮膚変化を分類し得ない場合も屢ゝ経験された．特に色素沈着については基準色は比較に際し稍ゝ明るすぎるきらいがあるが他に適当な共通性のある基準色が求められなかつたのでこのまゝ使用した．

3　研究結果

1）　照射経過

β線外部照射に依り起る肉眼的皮膚変化としては紅斑（早期紅斑，第二期紅斑等），色素沈着，腫脹，硬結，乳嘴腫脹，表皮剝脱，水疱，糜爛，色素脱失等が見られた．此等変化の程度，種類，経過は照射線量の多少や個人差により異るがこれを

i　反応の主体となるものが早期紅斑か色素沈着であるもの（弱い反応）．

ii　以上に更に第二期紅斑，表皮剝脱の加わるもの（中等度の反応）．

iii　紅斑，色素沈着は種々の経過をとるが結局水疱又は糜爛を形成するもの（強い反応）．

の3型に大別した．

i）　弱い反応

これを更に次の2型に分類した．

第1型．早期紅斑が不明で色素沈着のみ認められるもの．

第2型．早期紅斑及びそれに引続く色素沈着の両者を認め得るもの．

（i）　肉眼的所見

出現する紅斑は常に軽度で±～＋（～++）照射終了後1日目乃至3日目に認められる（早期紅斑）．紅斑は日により多少の増減を示すこともあり，3～5日経過すると色素沈着がこれに加わり薄い赤褐色か褐赤色調を呈し5～7（～12）日後には完全な色素沈着に移行し肉眼的にも薄い褐色調のみとなる．又色調が薄くて早期紅斑から色素沈着への移行の判然とせぬ場合もある．

色素沈着も軽度で±～＋～++で多少の増減或いは出没を示しつゝ経過する．これは漸次褪色する傾向が見られ長期間観察し得た5例では6カ月後には完全に消失した．1型の経過をとる場合は色素沈着は3～7～13日後に出現し後は2型と同様の経過をとる．

(ii)　顕微鏡的所見

16カ所（5名）からの所見としては表皮の部分的萎縮，軽度乃至中等度の色素沈着（主に基底層），角質増殖，萎縮表皮下の基底膜の断裂乃至消失，真皮の軽度の浮腫，弾力線維の断裂（特に萎縮表皮下），血管の軽度の拡張，壁の膨化等を認めるが何れも軽微であつた．（汗腺，皮脂腺，皮下脂肪等の萎縮も認められたが特にβ線照射のためとは断定出来なかつた．）本反応を表4,5に示す．

ii）　中等度の反応

上記の弱い反応に更に第二期紅斑と表皮剝脱の伴つたものである．照射後出現する早期紅斑は++，引続く色素沈着は++～+++で上記反応時より稍ゝ濃いがその当初の経過は略ゝ同様である．

即ち色素沈着は多少その濃度の消長を示しつゝ経過するが照射後28～42日に至り俄然該部に紅斑が現われ（第二期紅斑）相当濃い赤褐色調+++～++++を呈する．尚此の紅斑出現前（2～16日）に乳嘴腫脹の明瞭となるものが多い（症例1,3,4）．此の部は漸次薄い褐色の痂皮様物となり赤色調も失われ剝離し紅斑出現後13～19日には一部に色素脱失を含んだ色素沈着のみとなる．第二期紅斑出現時には自覚的にも瘙痒感，軽度の疼痛，痛痒感を訴え多少の腫脹，硬結を認める．表皮剝脱後の色素沈着は稍ゝ薄くなる傾向があるが2年間の観察では消失していない．本反応には皮膚切除例はない．表6にその症例を示す．

iii)　強い反応

照射部位に水疱か糜爛を生ずるものであるが此等の変化を起すまでの経過により次の如くに大別した．

第1型．早期紅斑に色素沈着が加わつた状態のまゝ経過するもの．

第2型．早期紅斑は一旦略ゝ完全な色素沈着の状態になり水疱形成前に再び著明な紅斑の出現するもの．

第3型．早期紅斑から色素沈着に移行しそのまゝ水疱になるもの．（水疱形成直前，後に周囲に軽度の発赤を来すものもこれに含めた．）

第4型．1,2型の中間型ともいうべきもので早

表5　弱い反応の肉眼的所見

	氏名	年齢	性	照射線量	早期紅斑	色素沈着 出現日	移行日	濃度
6	M. S.	21	♂	35（1）	−	?	13	±
7	K. H.	25	♀	30（1）	−	5	5	±
				50（2）	−	5	5	±
				100（3）	+	5	7	±
				200（1）	+	5	7	±
8	S. F.	24	♀	30（1）	−	4	4	±
				50（2）	±	4	5	+
				100（3）	+	5	7	++
9	M. O.	28	♀	30（1）	−	12	12	±
				50（2）	±	7	8	+
				100（3）	±	7	8	++
10	T. H.	29	♂	50（1）	−	14	14	±
11	K. I.	65	♀	30（1）	−	?		±
				50（2）	±	3	3	+
				100（3）	+	3	3	++
12	G. H.	62	♂	30（2）	−	10	10	±
				50（1）	−	7	7	+
				100（3）	−	7	7	+
13	K. I.	68	♂	30（1）	±	3	3	±
				50（2）	±	3	3	±
				100（3）	+	3	3	+

註：照射線量の単位は $\mu ch/cm^2$ で（　）は使用した線源の種類を示す．
紅斑，色素沈着の濃度は経過中の最高濃度を示す．
以下すべての表に於ても同様である．

表6　中等度反応

	氏名	年齢	性	照射線量	早期紅斑濃度	色素沈着 出現日	移行日	濃度	第二期紅斑出現日	紅斑出現→表皮剥脱期間
1	M. S.	21	♂	500（3）	++	4	8	++	28	18
2	S. H.	25	♀	300（3）	++	5	6	+++	42	13
3	M. O.	29	♀	300（5）	++	2	3	++	39	14
4	K. I.	67	♂	120（7）	+	3	4	++	40	?
				240（7）	++	3	4	+++	40	19

期紅斑後の色素沈着には尚軽度の赤色調を認めるが水疱形成前の紅斑が比較的著明であるもの．

第5型．早期紅斑は出現せず色素沈着から第2，3型の経過をとるもの．

此等各型から水疱形成又は表皮剝脱を起しやがて糜爛又は痂皮を形成し次いで脱落治癒後に色素脱失（色素沈着も混ずる）を残す．

（i）　肉眼的所見

1型に就いて．

早期紅斑は照射直後乃至2時間以内に出現し，4〜10日間持続しその濃度は++〜+++で経過と共に多少濃度は増加の傾向がある．以後色素沈着が漸次加わり濃赤褐色，濃褐赤色+++〜++++を呈する．照射後12〜36日に水疱を形成するがその1〜3日前

表 7　強い反応 1 型

	氏名	年齢	性	照射線量	早期紅斑 出現時間	早期紅斑 濃度	色素沈着出現日	水疱形成日	水疱持続期間	糜爛治癒期間
1	S. H.	48	♀	1700 (3, 5)	直後～0.5	⧺	7	23	1.5	／
2	E. N.	19	♀	1700(1, 3, 5)	直後	⧺	4	12	4	／
3	T. K.	55	♂	1700 (5, 7)	0.9～2	⧺	5	17	1	18
4	K. I.	49	♂	1700(1, 5, 7)	直後	⧺	4	／	／	14
5	K. S.	60	♂	1700(1, 3, 7)	直後	⧺	5	16	1	20
6	N. F.	45	♀	2400 (2)	直後	⧺	4	27	／	／
				2500 (3)	直後	⧺	4	26	／	／
				5100 (4)	直後	⧺	5	16	3	／
7	K. F.	39	♂	1000 (3)	直後	⧺	5	17	2	／
				1500 (2)	直後	⧺	5	17	2	／
8	K. I.	67	♂	1200 (7)	1.5	⧺	4	36	?	11
				1400 (7)	1.5	⧺	4	30	2	12
				1700 (1, 3)	直後	⧺	10	21	1	23

註：症例4は水疱を作らず糜爛に至つた．

表 8　強い反応 2 型

	氏名	年齢	性	照射線量	早期紅斑 出現時間	早期紅斑 濃度	色素沈着 出現日	色素沈着 移行日	色素沈着 濃度	第二期紅斑出現日	水疱形成日	水疱持続期間	糜爛治癒期間
1	G. A.	47	♂	1700 (1, 7)	直後～1.5	⧺	5	7	⧺	19	22	5	17
2	Y. N.	45	♀	1700 (5, 7)	1	⧺	3	8	⧺	19	35	／	／
3	Z. W.	62	♂	1700(3, 5, 7)	0.5～2	⧺	5	6	⧺	16	22	7	16
4	Y. M.	52	♂	1700(1, 3, 5)	0.5～24	⧺	2	3	⧺	25	29	1	／
5	T. S.	57	♂	850(1,3,5,7)	1～2	⧺	4	6	⧺	25	34	1	21
6	S. T.	59	♀	850 (7)	24に確認	⧺	6	8	⧺	11	15	5	／
7	M. A.	27	♀	480 (7)	同上	⧺	5	10	⧺	35	38	2	／
				960 (7)	同上	⧺	5	10	⧺	29	33	0	／
8	M. S.	21	♂	800 (2)	同上	⧺	4	6	⧺	10	18	2	24
9	K. S.	29	♀	1700 (5)	直後	⧺	3	6	⧺	11	24	／	／
10	H. M.	41	♀	2880 (7)	2	⧺	5	7	⧺	19	21	0	／
11	K. I.	67	♂	950 (7)	1.5	⧺	3	8	⧺	22	33	7 ?	／

或いは照射後数日前後に該部が白色調を呈する事がある（遷延因子の項で後述．2～5型にも認められる）．

本型に属する症例を表7に示す．

2型に就いて．

早期紅斑は(直後～)30分～2時間（～24時間）後に出現し，濃度は⧺～⧻で，色素沈着移行は3～10日後に略ゝ完了する．色素沈着は多少の消長を示しつゝ経過するが（⧺～⧻）10～35日に至り同部に再び紅斑が出現し（第二期紅斑），後3～13日で水疱を形成する．本型には更に1)色素沈着濃度の動揺の少ないものと2)著明なものとの2型が區分される．本型に属する症例を表8に示す．

3型に就いて．

早期紅斑は直後～4時間で出現し，その濃度は経過と共に多少増加の傾向がある．

多くは3～10日で色素沈着が出現し6～17日には完全に移行する．その濃度は漸次増加し⧻～⧻

となり11～31日で水疱を形成する．水疱形成直前，直後に周囲に多少の紅斑を伴うことがあるが2型の様な著明なものでない．本型に属する症例を表9に示す．

4型に就いて．

早期紅斑は直後～24時間後に認められ，濃度は卄～卌で経過と共に稍ゝ薄くなる傾向があるが4～7日で色素沈着が出現して褐赤色調を呈し，以後水疱形成に至るまでの経過で1)褐赤色調濃度の変動が少なく水疱形成前の紅斑増強が2型に近いものと2)色調濃度が波状又は階段状に増減，増加するが水疱形成前には相当著明な紅斑の増強（卌～卌）を見るものとの2型に區別し得る．水疱形成は21～36日である．本型に属する症例を表10に示す．

5型に就いて．

早期紅斑出現せず照射後1時間～10日経過して照射部位に薄い褐色調（±～＋）が出現する．

これが出没を繰返し（一見弱い反応1型に類似する．）或る期間後（症例1では24日後）より稍ゝその色調を増し（＋～卄）次いで著明な紅斑が出現（38日後）し後水疱を形成（44日後）するもの（強い反応2型に類似．）と色素沈着は階段的に増加し（卌）そのまゝ水疱に移行するもの（3型に類似．症例2では26日後．）とが認められた．本型に属する症例を表11に示す．

水疱は約3日で破れ湿潤した糜爛面を呈する．糜爛面は次第に乾燥又は痂皮様物（厚く黄褐色）となり約2～4週間で治癒し，色素移動（脱失及び沈着）を残す．（水疱が破れずに経過し次第に白色調を失い褐色調の痂皮様乾固物となり約3週間で脱落し前記の如く治癒するものもある．）

表 9　強 い 反 応 3 型

	氏名	年齢	性	照射線量	早期紅斑 出現時間	早期紅斑 濃度	色素沈着 出現日	色素沈着 移行日	色素沈着 濃度	水疱 形成日	水疱持続期間	糜爛治癒期間
1	K. I.	67	♂	1700（5，7）	4	卄	10	17	卌	31	2	17
2	E. N.	19	♀	1700（7）	1.5	卄	4	9	卌	11	3	／
3	S. K.	48	♀	1700（7）	2.5	卄	5	10	卌	15	／	／
4	T. S.	48	♂	1700(3，5，7)	1～2	卄	5	7	卌	23	2	23
5	Z. W.	62	♂	1700（1，2）	直後～0.8	卄	4	6	卌	21	3	14
6	S. T.	59	♀	850（3）	0.5	＋	1	1	卌	25	9	／
7	E. K.	25	♀	480（7）	24以内	卄	3	8	卄	糜爛形成日 20日目		／

表 10　強 い 反 応 4 型

	氏名	年齢	性	照射線量	早期紅斑 出現時間	早期紅斑 濃度	色素沈着 出現日	紅斑 増強日	水疱 形成日	水疱持続期間	糜爛治癒期間
1	S. K.	48	♀	1700（1）	直後	卄	7	11	21	／	9
2	G. H.	61	♂	850（1，3，5）	直後～24以内	卄	6	25～27	36	2	16
3	K. H.	60	♀	850（1，3，5）	直後～0.8	卄	4	30	34	2	22
4	K. I.	69	♂	850（1，3，5）	直後～1	卄	7	27	36	4	／

表 11　強 い 反 応 5 型

	氏名	年齢	性	照射線量	色素沈着 出現	色素沈着 濃度	紅斑 出現日	水疱 形成日	水疱持続期間
1	M. A.	27	♀	240（7）	10日	卄	38	44	不明
2	S. T.	59	♀	850（1，5）	1時間	卌	／	26	7

水疱形成前後には，腫脹，硬結を認め灼熱，瘙痒，疼痛等を訴え，糜爛時には稍ゝ強いが比較的軽度である．水疱持続期，糜爛治癒期（痂皮脱落期間を含む）は表7～11に示してある．

(ii)　顕微鏡的所見

組織所見は皮膚切除日に依り非常に異る．得られた皮膚切片22カ所（10例）に就いての組織所見を表12に示す．即ち紅斑期には表皮の変化は軽微で空胞化を認める程度で，真皮には基底膜の不鮮明，軽度の浮腫，及び弾力線維の断裂等があり血管殊に毛細血管の拡張，充血，内被細胞腫脹等を認める．以後水疱形成前には表皮は色素沈着，角質増殖，変性像の増加を，真皮には上記諸変化の進展と細胞浸潤を加えて皮膚炎の像を呈する．水疱形成時は表皮変性更に強く，糜爛時には欠損し硝子様乃至フィブロイド様物が膜状に附着し（パス陽性）真皮諸変化も最も高度となる．糜爛治癒後の色素脱失部は表皮萎縮扁平化，表皮突起の消失等，真皮には尚軽，中等度に上記炎症像の残存を認めた．

表 12　強 い 反 応 の

	氏名	年齢	性	照射線量	反応形式	照射後皮膚切除迄の期間（日）	切除時肉眼的所見	表皮
1	E. M.	41	♀	730（1）	強い反応？	1.5時間	紅斑 ±	空胞変性
				2100（2）	同上	同上	紅斑 +	同上
				2200（3）	同上	同上	紅斑 +	同上
2	T. S.	44	♀	1700（3）	1 ?	1	紅斑 ++	基底層に空胞化．
				1700（3）	1	13	紅斑と色素沈着 +++	角質増殖．表皮細胞の変性像．色素沈着中等度．
3	K. S.	28	♀	1700（5）	1 ?	3	紅斑 ++	著変なし
4	H. M.	41	♀	480（7）	2（3）?	20	色素沈着 ++	空胞変性．色素沈着中等度．
				960（7）	同上	20	同上 +++	同上に中等度の萎縮．
				1400（7）	同上	20	同上 +++	同上．萎縮強い
				2880（7）	2	20	同上 ++++	同上．萎縮最も強く，一部表皮剥脱．
5	F. N.	45	♀	2400（2）	1 B	26	水疱形成直前	角質増殖．空胞変性．萎縮一部に相当高度．
				2500（3）	1 B E	26	水疱	水疱の表面は剥離した角質と変性表皮，底面は硝子化結合組織
				5100（4）	1 B E	26	糜爛	表皮欠損．硝子又はヒアリン化．
6	K. F.	39	♂	1000（2）	1 B E	29	糜爛	表皮欠損
				1500（3）	1 B E	29	同上	同上
7	S. H.	48	♀	1700（4）	1 B E	26	同上	同上
8	Z. W.	62	♂	1700(3, 5, 7)	2 3 B E K	52	色素脱失と色素沈着	萎縮中等度．色素沈着部分的に軽度
9	Y. O.	53	♀	1700（1）	1 B(E)?	21	表皮剥離	角質層の剥離及び変性
10	K. I.	49	♂	1700(1, 5, 7)	1 A E	71	色素脱失と色素沈着	扁平，屈曲少ない

註：Aは表皮剥脱，Bは水疱形成，Eは糜爛，

以上諸反応の経過を図2～8に schematic に示す.

2 高度の衰弱者に見られる皮膚反応

本照射対象中早期及び晩期に同一線源を用いて反覆照射し得た4例，照射後10日以内に全身衰弱で死亡した8例（皮膚切除5例，13カ所）の皮膚反応を表13，14その経過の1例を図9に示す.

何れも死亡前の皮膚反応は一般に極めて軽度であつた（弱い反応1型に類似する）. 組織学的所見も一般に軽度であつた.

4 小括及び考按

皮膚反応と照射線量との関係：

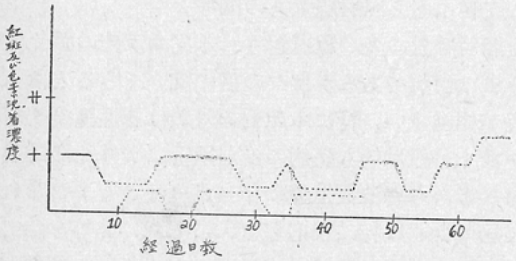
照射線量の多い程惹起される皮膚反応の強くなる事は当然であるが個々の例に就いてみると個人差が相当多い. 特に本照射の対象は悪性腫瘍患者が多く一般状態も疾病の進展状況により比較的良好な者から悪液質状態の相当高度な者まで含まれて居り此れは特に反応差を大にした. 此等を除外し弱，中等度，強三反応の明瞭なものから照射線量と皮膚反応の関係をみると図10の如くである.

組織学的所見

真皮				血管	備考
基底膜	浮腫	弾力線維			
正常	軽度	正常	正常	毛細血管内被細胞腫脹	
同上	軽度	表皮直下軽度に断裂	稍ゝ細い	毛細血管軽度に拡張，充血，内被細胞腫脹稍々強い.	軽度の白血球浸出
同上	軽度	軽度断裂	同上	同上変化稍々強い. 血管内，中膜の裂けている様な部あり.	同上
稍ゝ不鮮明	軽度	軽度に断裂	略ゝ正常	血管中等度に拡張. 内被細胞腫脹.	
不鮮明膨化？	軽度	断裂強い	断裂	血管の拡張，充血強度. 周囲に円形細胞浸潤.	皮膚炎の像
略ゝ正常	軽度	略ゝ正常	略ゝ正常	毛細血管充血. 比較的大きな静脈，リンパ管拡張. 壁の腫脹，断裂.	
変性部の下断裂	なし	一部顆粒状に断裂	正常	充血像不明. 稍々太い血管壁の膨化.	汗腺萎縮と周囲の結合織増殖
同上	なし	同上	同上	同上	同上に皮下脂肪萎縮
同上	なし	同上	同上	同上	同上
断裂強い	軽度	断裂著明	断裂著明	血管の拡張，充血	同上
非常に不明瞭	中等度	断裂	断裂著明	血管拡張，充血，壁の膨化相当著明	
菲薄又は肥厚. 断裂.	同上	同上	断裂高度	同上変化高度	
消失	同上	断裂高度	同上	毛細血管充血，基底膜の断裂，一般に血管の拡張，充血，鬱血高度，壁の膨化	円形細胞浸潤. 炎症像
消失	高度	断裂高度	断裂高度	略ゝ同上変化	
同上	同上	同上	同上	同上	
同上	同上	同上	同上	同上. 壁の2層に裂けた血管もある.	
稍々不鮮明	軽度	軽度に断裂	軽度に断裂	軽～中等度に拡張. 壁膨化と細胞増加	巨細胞出現
略ゝ正常	中等度	略ゝ正常	同上	血管拡張，壁の膨化相当強い. 周囲に細胞浸潤	
軽度の不鮮明	極く軽度	断裂稍々著明	断裂稍々著明	毛細血管拡張軽度. 壁軽度に膨化	円形細胞表皮下に配列

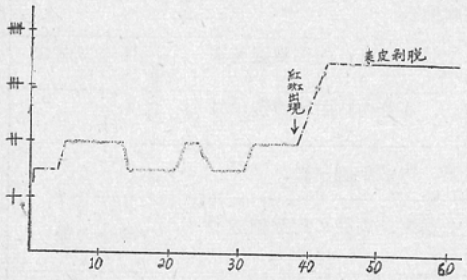
Kは痂皮形成（糜爛を作らぬ）を示す.

図2　弱い反応



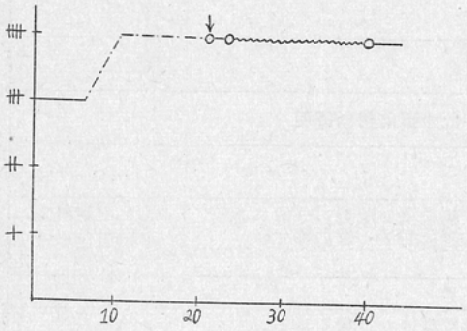
註：縦軸は紅斑及び色素沈着の濃度を，横軸は照射後経過日数を示し以下の図表もこれにならう．実線は紅斑，実点線は紅斑＋色素沈着を，点線は色素沈着を示す．
紅斑，色素沈着共に比較的軽微，色調濃度の増減，出没をみる．

図3　中等度の反応



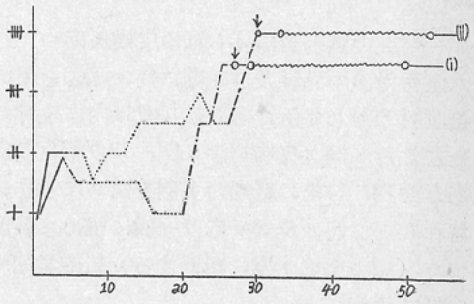
早期紅斑後の色素沈着の経過中著明な紅斑出現（第二期紅斑）．而し水疱形成せず表皮剥脱にとどまる．

図4　強い反応　第1型



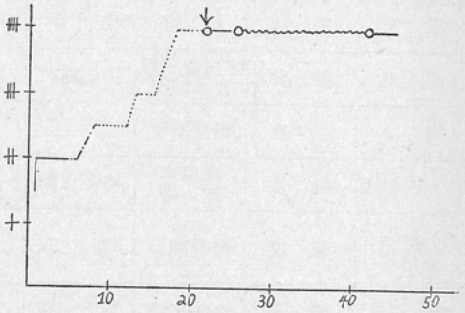
註：♂は水疱形成日 ○——○ は水疱持続期 ○〰〰○ は糜爛期を示す．完全な色素沈着にならず水疱形成．

図5　強い反応　第2型



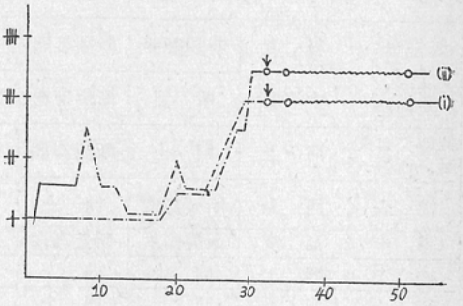
早期紅斑後の色素沈着は動揺の少いもの(i)と多いもの(ii)があるが何れも水疱形成前に著明な第二期紅斑の出現．

図6　強い反応　第3型



早期紅斑後の色素沈着は階段的に濃度増加しそのまゝ水疱形成に至る．

図7　強い反応　第4型



早期紅斑後は完全な色素沈着とならず紅斑＋色素沈着は濃度の動揺の少いもの（i）と多いもの(ii)とがあるが，水疱形成前の紅斑の増加著明．

これより大体，弱い反応1型50μch/cm² 以下2型 100～ 200μch/cm², 中等度の反応 200～500μch/cm² (大塚等— 700～ 850 μch/cm², 伊東等— 480μch/cm²), 強い反応500～ 800μch/cm² 以上，

表13 衰弱者に見られる肉眼的及び組織学的所見

	氏名	年齢	性	照射線量	肉眼的所見 早期紅斑濃度	色素沈着 出現日	色素沈着 移行日	色素沈着 濃度	照射後死亡までの期間(日)	切除時の肉眼的所見	表 萎縮
1	K. T.	50	♀	850 (1)	±	不明	不明	±?	7	紅斑に色素沈着?	軽度
2	K. N.	54	♂	20, 40, 160 (7)	− ±	/	/	/	6	紅斑−〜±	
				240 (7)	+	/	/	/	6	紅斑±	
				720 (7)	+	/	/	/	6	紅斑+	
				960 (7)	+	/	/	/	6	同上	なし
				1400 (7)	+	/	/	/	6	同上	なし
				1900 (7)	+	/	/	/	6	同上	なし
3	U. F.	66	♂	1000 (2)	+	5	7	+	8	色素沈着+	軽度
				1500 (3)	++	5	7	+	8	同上	極く軽度
4	T. F.	45	♂	1700 (1,3,5)	−	30分	/	+	6	色素沈着+	略ゝ正常
5	K. Y.	62	♀	1700 (7)	−	/	/	−	2	無変化	

組織学的所見					
皮	真皮				
色素沈着	基底膜	浮腫	弾力線維		血管
軽度	一部消失	中等度	一部消失而し略ゝ正常	稍々細い静脈炎部強度断裂	血栓性静脈炎. 血管，リンパ管拡張，血管周囲のリンパ球浸潤. 壁の膨化等
異常なし					
異常なし					
異常なし					
正常	正常	表皮直下極軽変	正常	正常	毛細血管，小血管の拡張
軽度	正常	軽度	略ゝ正常	略ゝ正常	毛細血管拡張
同上	正常	なし	同上	極軽度断裂	毛細血管の拡張とその周囲の結合組織の腫脹
同上	稍々不鮮明	軽度	一部消失断裂	略ゝ正常	異常を認めない
同上	略ゝ正常	同上	稍々強い	正常	毛細血管拡張充血，血管基底膜の浮腫
軽度	正常	なし	正常	正常	毛細血管の軽度の拡張，充血，内被細胞の腫脹
異常なし					

(大塚等— 800〜1000μch/cm^2, 伊東等—960 μch/cm^2?)

と云える様に思われ，大塚，伊東等のβ線に依る皮膚反応と大差ないと思われる.

各皮膚反応に就いて：

その比較を表15に示し次に之れを詳細に観察する.

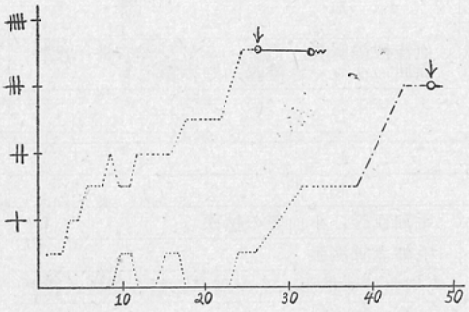
threshold erythema dose に就いて.

β線の threshold erythema dose に就いては P^{32} β 線で Low-Beer は 34μch/cm^2 (深さ1mm までの線量 143rep), Sinclair 等は200rep, Wirth 等は 635rep で照射例の60%, 813rep で80%に各々紅斑を起し得たとし，Witten 等は Sr^{90} β線で線源皮膚間距離 9.5mmで 600rad, 3.2mmで1000 rad で照射例の80%に紅斑をみ深部量に関係あると述べ Griffith 等は short exposure では約 180〜200rep であろうと結論している. 本照射では30〜35μch/cm^{2}照射では紅斑を認め得たもの（±程度のもの）は9例中2例で他は不明瞭乃至出現せず色素沈着のみ認められ, Wirth 等のいう thres-

表14　衰弱者に見られる肉眼的所見

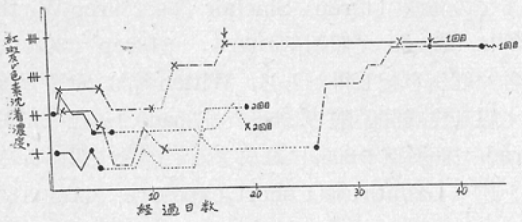
	氏名	年齢	性	照射線量	照射回数	線源	早期紅斑濃度	色素沈着 出現日	色素沈着 移行日	色素沈着 濃度	照射後死亡迄の期間	備考
6	T. K.	55	♂	1700	1回目	7	++++	6	／	／	6.5カ月	強い反応（1型）
					2回目	7	++++	7	10	++++	11日	
					1回目	6	++	5	／	／	6.5カ月	強い反応（1型）
					2回目	6	++	／	／	／	11日	
7	Y. A.	47	♂	1700	1回目	7	++++	5	8	++	4カ月	強い反応（2型）
					2回目	7	++	5	11	++	1.8カ月	20日後退院
					1回目	1	++++	4	6	++	4カ月	強い反応（2型）
					2回目	1	+	4	5	++	1.8カ月	20日後退院
8	T. S.	29	♂	1700	1回目	5	++++	3	6	++	2カ月	強い反応（2型）
					2回目	5	／	?	?	±?	2日	
9	K. T.	50	♀	850	1回目	1	++	4	7	++++	2カ月	
					2回目	1	±	7	8	±	8日	
10	H. S.	52	♀	850		3	—	／	／	—	3日	
11	O. H.	61	♂	1700		7	—	1	1	±	6日	
12	G. Y.	59	♀	2400		7	—	1	1	±	瀕死退院	

図8　強い反応　第5型



早期紅斑出現せず，強い反応2,3型に類似した経過で水疱形成に至る．

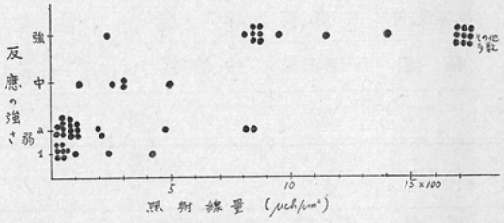
図9　早期及び晩期反覆照射時の皮膚反応の比較（第7症例）



註：×は線源7，●は線源1使用を示す．

hold reaction（170～200repで60～80%に起るという．）に相当すると思われ計算では約90rep

図10　皮膚反応の強さと照射線量との関係



註：弱の1，2は各々弱反応の1型，2型を指す．

となる．50μch/cm² では7例中4,100 μch/cm²では8例中7例に紅斑を認めたから大体260rep附近にある様で Sinclair 等の報告と略ゞ一致した．

早期紅斑に就いて．

早期紅斑の出現時間，強度は線量の増加と共に早期且つ著明になる傾向がある．紅斑の出現，持続に就いては，Wirth 等は P^{32} β線の653～1180rep では照射後6時間以内に primary blush or mild erythema を100%に認め，1180rep では2～4日間持続，1000rep 以下では1～2日で色素沈着に移行した事を報告し，Low-Beer は P^{32} β線の1500μch/cm² 以下の線量では紅斑は3～5日後に起り14～16日迄は強さを増し以後消褪して60日では極く軽度の色素沈着のみとなり，2000

表 15 各反応の比較

	照射線量	早期紅斑		色素沈着			第二期紅斑	表皮剝脱	水疱糜爛形成	備考
		出現日時	濃度	出現日	移行日	濃度				
弱い反応	200以下	1日又は3日前後	−〜±〜+	5	8	+	無	無	無	
中等度の反応	200〜500	1日以内	++	3	5	++〜+++	有（38日）	有	無	乳嘴増殖著明
強い反応	800以上	直後乃至数時間	++〜+++	5	7	+++	有（19日）	有	有	

註：表中（ ）内数字は紅斑出現日を示す．

μch/cm^2 では尚強い紅斑が3日以内に起ると述べている．Witten 等は Sr^{90} β 線で各種の配量を行い（68〜1540rad まで約25段階）一般に紅斑は照射翌日には出現し平均3〜5日間持続し色素沈着が漸次加わるといい，Friedell 等は同 β 線での 500，1000，1500rep 照射で最初の一週間に mild reddenning を認め次いで消失したと述べている．

本照射では紅斑出現は線量に関係し多いものは（強い反応を起す程度のもの）直後〜数時間，少いものでは翌日〜3〜4日内には認められた．その持続期間は3〜5日前後で特に線量とは関係なく後漸次色素沈着が加わり Witten 等の観察経過と類似していた．本症例では Low-Beer の紅斑量に比較して P^{32} と Sr^{90} β 線のエネルギー差を考慮しても相当下廻り中等度，高度の紅斑を起す線量は彼のいう mild or marked epidermitis（1900or3200μch/cm^2）を起す可能性が非常に多い．

紅斑色調は一般に標準変色表のＴＢ，ＣＲ系統のピンクのかつた調子を示し色素沈着の出現とともに漸次ＣＲ，ＭＲ系統の調子となる．

紅斑波に就いて．

β 線照射に依る早期紅斑（第一波）後の紅斑波に就いては，Sr^{90} β 線で Friedell 等は 500，1000，1500rep 照射で25〜30日後に，Witten 等は subsequent Wave として報告し first wave と同様その発現率は深部量に関係しその大なるものは58〜73日，小なるものは32〜59日に認め，2〜5週間続いた事を認めた．Wirth 等は P^{32} β 線で 813〜1180rep 照射例に secondary reaction (erythema followed by tanning) を20日前後に認め，813rep，1000rep では60日，1180rep では70〜80日持続したと述べている．エックス線照射時は第三波迄の出現が諸家に依り確認されているが β 線では第二波迄の出現が記載されている．

本照射に依つても紅斑の波状生起をみたが弱い反応を起す程度の小線量照射時や大線量でも強い反応1型，3型では第一波以外は起らぬか又は不著明であつた．紅斑波の出現は中等度又は強い反応2型，4型1の如く第二波（第二期紅斑）として単的且つ明瞭なもの（5型では第一波に相当する波がみられない．）と強い反応4型2の様にその消長の複雑なものとがある．

第二期紅斑出現日数と照射線量との関係をみると，500μch/cm^2 以下（5例）平均38日（Witten 等の線源皮膚間距離の短い場合とエックス線第三波出現日に略ゝ同じ．）

500〜1000μch/cm^2（4例）平均19日（Friedell, Wirth 等の場合と略ゝ同じ．）

1000μch/cm^{2}以上（6例）平均18日

であつて或る範囲までは線量の多いものが短い．唯第二期紅斑は殆んど後に表皮剝脱，水疱形成等の器質的変化を招来し Miescher がエックス線に就て経験した様な典型的な経過は確認し得られなかつた．而して弱い反応中の症例 K.T. 850 μch/cm^2 照射例に一度略ゝ色素沈着に移行後照射後41日に相当濃い色素沈着の附加した紅斑を認め，55日後には再び紅斑の褪色したのを認めたが観察回数が少なくて文献の例に合致するか否かは疑問であつた．

色素沈着に就いて．

早期紅斑に引続き，又線量の少くない場合は単独にも起る．前者の場合特に線量に依る著差なく3〜5日で後者も6日前後で出現した．而しその

表16　強い反応の各型と中等度反応との比較

		惹起する照射線量	早期紅斑 出現日	早期紅斑 濃度	色素沈着 出現日	色素沈着 移行日	色素沈着 濃度	第二期紅斑 出現日	水疱 形成日	水疱持続期間	糜爛治癒期間
強い反応	Ⅰ	1000以上	直後	⧺	5	／	／	／	21.5	2	16.3
	Ⅱ	500以上	2時間以内	⧺	4	7	⧺	20	27	3	19.5
	Ⅲ	850以上	2時間内外	⧺	5	8	⧺	／	21	4	18
	Ⅳ	850	直後が多い	⧺	6	／	／	?	31.8	3	15.6
	Ⅴ	850以下	／	／	1時間～9日		⧺～⧺⧺	無又は38	35	7	／
中等度反応		500以下	24時間以内	⧺	3	5	⧺	38	／	／	(16)

註：(　)は表皮剝脱期間

濃度は表15の如く各反応時に依り差が認められる．出現，持続は Wirth, Witten, Friedell 等の報告と略ゝ合致している．

表皮剝脱，水疱，糜爛，色素脱失等に就いて．

此等の諸変化を示すものを中等度及び強い反応（1～5型）に分類したのであるがその比較を表16に示す．照射線量，紅斑，色素沈着，水疱形成時期等からその強弱は1≧3＞2＞4＞5型＞中等度反応の順になつた．Low-Beer の云う mild epidermitis (1900μch/cm^2, 7200rep) は中等度反応に，marked epidermitis (3200μch/cm^2)，は強い反応に相当する様に思う．彼はP^{32} β 線2000μch/cm^2 照射では dry, scaly epidermite が18～23日に起り60～65日後には hyperpigmented edge を伴う軽度の色素脱失を，3500μch/cm^2 を越える時は反応初発現は変りないが16～20日で bullous epidermite を起し50～60日で回復すると述べている．本照射例に比して線量が過大であるが回復時期及び治癒後の状態は略ゝ同様である．Witten 等は Sr^{90} β 線で平均 760 rad 以上の照射で subsequent wave に引続き又は随伴して硬結，papulation，表皮剝脱を認め Wirth 等は P^{32} β 線で1180rep 照射例10例中3例に5～6週間後に minute vesicles を形成したと述べて居り前者は中等度，後者は強い反応に相当すると思われる．本研究では中等度反応は略ゝ 300μch/cm^{2}内外として 800rep, 強い反応は 800μch/cm^2 以上として2100rep である．表皮剝脱を起す例は前に乳嘴腫脹（papulation？）を認めるものが多く水疱形成を来すものには殆んど見られなかつたがこれは線量が多くなると毛の表皮に出る部位の腫脹が瀰漫性に起るためと思われる．

糜爛は難治性でなく18～20日間で治癒するが治癒後の色素脱失は比較的著明の場合と，色素沈着と混在する場合とがある．後者は中等度反応の際に見られ，強い反応時は両者の型をとる．これは反応の強（色素脱失が強い）弱（色素沈着が強い）によるのであろうが個人差も存在すると思われる．且つ此等の存続は半永久的ではないかと思われた．色素脱失部に毛細血管拡張像を認めたものがある（照射後 1.5年）

組織所見に就いて．

本照射対象は悪液質者が多いので系統的な組織検索は困難であつたが Snider, Low-Beer, 伊東等と略ゝ同じ所見を得た．即ち肉眼的所見に応じた変化を示し，同一症例であれば照射線量の多い程変化も強くなつている．

照射直後はたとえ早期紅斑が認められなくても一般に毛細血管（殊に表皮直下の乳頭層）の拡張，充血，内被細胞の腫脹，真皮浮腫等が認められた．引続く色素沈着初期の変化は猶軽微であるが後期では表皮，真皮ともに変化が稍ゝ多彩となり表皮萎縮や色素沈着，真皮浮腫，基底膜や弾力線維の断裂，血管壁の膨化，拡張が見られる様になる．表12に示す様な強い反応を示した症例では糜爛部とその周囲は比較的境界は明瞭で周囲の表皮は hyperplastisch となつて居り，Snider の云う“epitherial down-growth”を思わせたが糜爛治癒後の組織からは斯様な所見は得られなかつた．

猶弱い反応の症例 2K.T. に見られた血栓性静脈炎は，100μch/cm² 照射後18日と 850μch/cm² 照射後7日目の部位に見られたもので肉眼的所見，照射線量，照射後日数等を考慮すると果してβ線照射に依つて惹起されたものかは疑問とする．

III. 時間的因子に就いて

I） 遷延因子に関する検討

1. 研究目標

β線外部照射時に線強度の差が皮膚反応に如何なる影響を与えるかを検討した．

2. 研究方法

1） 照射対象

前編同様の23名で照射部位は全例上腕屈側健康皮膚面である．

2） 照射線源，線量及び時間的配量

表17 遷延因子検討に用いた Sr^{90}-Y^{90} β線源と照射時間

線源番号	線源の強さ μc/cm²	照射面 cm²	1700 μch/cm² 照射に要する時間	850 μch/cm² 照射に要する時間
1	14294.7	0.6（円形）	7.1分間	3.5分間
2	412.7	1.7× 1.9（矩形）	4.1時間	2.05時間
3	104.8	3.14（円形）	16.3時間	8.15時間
4	35.4	3.14（円形）	48時間	24時間

表18 症例，観察内容及び観察日数

	氏名	性	年齢	1700 μch/cm² 照射時間				850 μch/cm² 照射時間				観察日数
				7.1分間	4.1時間	16.3時間	48時間	3.5分間	2.05時間	8.15時間	24時間	
1	K. I.	♂	62	／	／	／	／					6ヵ月
2	E. N.	♀	19	／	／	／	／					27日
3	T. K.	♂	55	／	／							90
4	T. F.	♂	45	／		／	／					4 △
5	Y. M.	♂	52		／	／	／					54
6	Y. A.	♂	47	／			／					62
7	A. I.	♂	48		／	／	／					23 △
8	S. K.	♀	48	／			／					25
9	S. Y.	♂	41	／	／	／	／					15 △
10	T. S.	♂	48	／	／	／						78
11	U. T.	♀	57	／			／					2
12	Z. W.	♂	62	／	／	／	／					75 △
13	K. I.	♂	49	／	／		／					75 △
14	K. N.	♂	54			／	／					6 △
15	S. H.	♀	48		／	／						35 △
16	K. S.	♂	62	／		／	／					78
17	Y. N.	♀	45	／	／							52
18	Y. S.	♀	57		／		／					12 △
19	K. I.	♂	69						／	／	／	1年
20	G. H.	♂	61						／	／	／	〃
21	K. H.	♀	60						／	／	／	〃
22	T. S.	♂	57					／	／	／	／	70日
23	S. T.	♀	59					／	／	／	／	38日

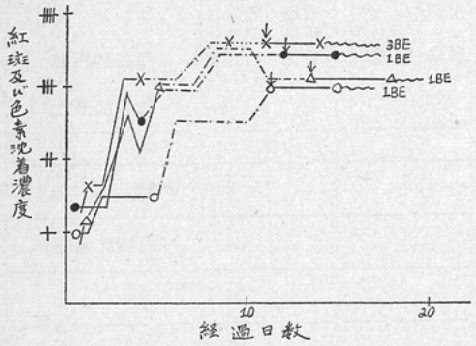
註：観察日数欄△印は組織検索をし得た例．尚斜線は照射可能を示す．

表19　皮膚反応の各線源毎の比較（肉眼的所見）

	症例番号	氏名	線源種類	反応形式	早期紅斑 出現時間	早期紅斑 濃度	色素沈着濃度	第二期紅斑出現日	水疱形成日	水疱持続期間（日）	糜爛治癒日数	備考	反応強弱順位
1700 μch /cm² 照射例	1	K. I.	1	3 B E	4以内	⧺	⧺	／	31	2	15		3
			2	3 B E	同上	⧺	⧺	／	31	2	18		4
			3	1 B E	直後＋	⧺	／	／	21	1	23		2
			4	1 B E	直後⧺	⧺	／	／	20	1	24		1
	2	E. N.	1	3 B E	1.5	⧺	⧺	／	11	3	／	W. 3日目	2
			2	1 B E	0.5	⧺	／	／	13	5	／		3
			3	1 B E	直後＋	⧺	／	／	11	4	／		4
			4	1 B E	直後⧺	⧺	／	／	12	3	／		1
	3	T. K.	1	1 B K	2.5	⧺	／	／	16	1	14	W. 5日目	1
			2	1 B E	0.8	⧺	／	／	19	0	22		2
	5	Y. M.	2	2 B(K?)	24	⧺	⧺	22	26		／		1
			3	2 B E	0.5	⧺	⧺	25	29	0	／		1
			4	2 B E	24	⧺	⧺	29	33	1	／		3
	6	Y. A.	1	2 B K	1.5	⧺	⧺	12	17		／	W. 2日目	1
			4	2 B E	直後⧺	⧺	⧺	26	37	5	／		2
	8	S. K.	1	3 B K	2.5	⧺	⧺	／	15		9	W. 4日目	1
			4	4 B E	直後⧺	⧺	／	11	21	4	18		2
	10	T. S.	1	3 B K	2	⧺	⧺	／	16		26	W. 3日目	1
			2	3 B E	2	⧺	⧺	／	28	2	26		3
			3	3 B E	1	⧺	⧺	／	24	2	16		2
	11	U. T.	1	不明	1.5	⧺	／	／	／	／	／	W. 3日目	1
			4	不明	直後	⧺	／	／	／	／	／		2
	16	K. S.	1	1 B K	1	⧺	／	／	16		23	W. 13日目	1
			3	1 B E	直後±	⧺	／	／	16	1	20		1
			4	1 B E	直後±	⧺	／	／	16	1	19	W. 10日目	3
	17	Y. N.	1	2 B	1.4	⧺	⧺	15又は20	23?	／	／	W. 8日目	1
			2	2 B	1	⧺	⧺	19	35	／	／		2
850 μch /cm² 照射例	1	K. I.	2	4 B E	1	⧺	／	／	42		／		3
			3	4 B E	直後＋	⧺	／	／	36	3	／		1
			4	4 B E	直後＋	⧺	／	／	30	5	／		1
	2	G. H.	2	4 B E	24以内	⧺	／	／	34	4	14		3
			3	4 B E	24以内	⧺	／	／	37	2	18		2
			4	4 B K	直後＋	⧺	／	／	36		17		1
	3	K. H.	2	4 B E	0.8	⧺	／	／	30	4	24		1
			3	4 B E	直後＋	⧺	／	／	35	0	22		1
			4	4 B E	直後⧺	⧺	／	／	37	1	20		3
	4	T. S.	1	2 B K	2	⧺	⧺	31	42		20		2
			2	2 B E	4	⧺	⧺	18～23	35	2	22		4
			3	2 B E	1	⧺	⧺	23	26	0	20		1
			4	2 B K	1	⧺	⧺	29	42		18		2
	5	S. T.	1	2 B K	2	⧺	⧺	／	15	5	／		1
			2	5 B E	／	／	⧺	／	27	6	／	W. 26日目	3
			3	3 B E	24以内	＋	⧺	／	24	11	／		2
			4	5 B E	／	／	⧺	／	26	7	／		4

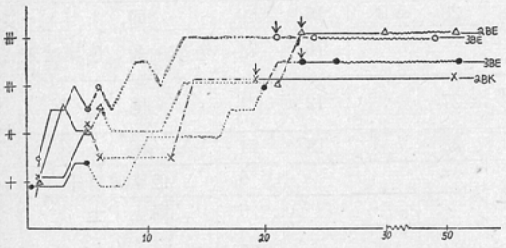
註：W. は白色調を呈した日を示す.

図　11



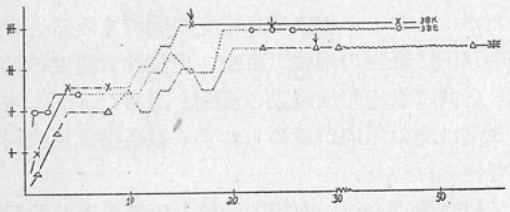
註：×は第1線源，△第2線源，○第3線源，●第4線源使用時の経過を示す．
症例2．E.N.♀．19才．1700μch/cm²照射
最強線源（第1線源）は照射時最も反応強く3日目既に白色調を呈す．第3線源は照射当初は反応が弱かつたが次第に強く水疱形成日は第1線源と同日となる．

図　12



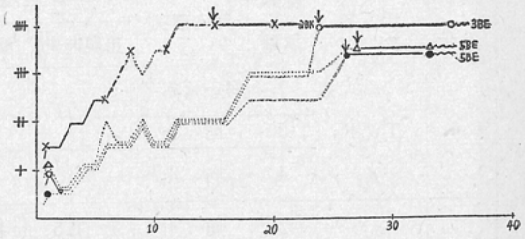
症例12．Z.W.♂．62才．1700μch/cm² 照射
第1線源水疱形成日速い而して糜爛形成せず．（2BKの非典型例）一般経過では第3線源最も反応が強い，第4線源当初弱く次第に強くなり．第2線源と水疱形成日同日となる．

図　13



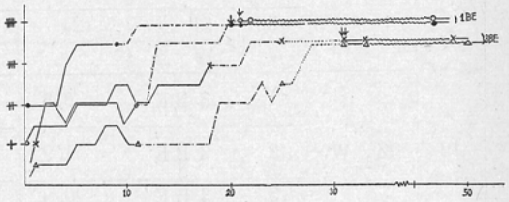
症例10．T.S.♂．48．才1700μch/cm² 照射
第1線源一般経過，水疱形成日よりして最も反応強く他の2者も水疱形成日の遅速は一般経過と略ゝ平行する．

図　14



症例23．S.T.♀．59才．850μch/cm² 照射
第1線源最も反応強い．他3者一般経過に著差はないが水疱形成日に多少の差を認める．

図　15



症例1．K.I.♂．62才．1700μch/cm² 照射
第4線源最も反応強く典型的な1BE．第1，2線源反応弱く非典型の3型（3BE）を呈する．

著者は遷延因子研究に際し水疱形成を主目標として観察した．これは紅斑，色素沈着等からの皮膚反応の判定には主観的要素が多く水疱形成時期を以てするのが最も客観的であると考えたからである．此の点を考慮して対象中18例には1700μch/cm²，5例には 850μch/cm² の密着一時照射を行つた．照射時間は表17の如く線源の強さにより加減した．照射に際しては個人差を考慮して同一人に可及的多種類の同時照射を行つた（最多4，最少2照射野）．8例に皮膚切除を行い組織学的検索を行つた．

3）観察方法及び期間

前編同様であるが皮膚反応の判定は肉眼的所見（紅斑，色素沈着，水疱，糜爛等）を主として組織所見を参考にした．

此等症例，照射内容，観察日数等を表18に示す．

3　研究結果

照射の目標が水疱形成にあつたので17例は強い

表20　皮膚反応の各線源毎の比較（肉眼及び

症例番号	氏名	線源種類	反応形式	早期紅斑 出現時間	早期紅斑 濃度	色素沈着濃度	水疱形成日	水疱持続期間	糜爛治癒日数	照射後切除迄の日数	切除時肉眼的所見
4	T. F.	1	弱い反応？			±				3	色素沈着±
		3	同上			±				3	同上
		4	同上			++				3	同上
7	A. I.	2	同上	1.5	++	+				24	色素沈着+
		3	同上	0.5	++	+				24	同上
		4	同上	直後±	++	+				24	同上
9	S. Y.	1	強い反応？			+++				15	色素沈着+++
		2	同上			+++				15	同上
		3	同上	24	++	+++				15	同上
		4	同上			+++				15	同上
12	Z. W.	1	3BK	0.5	++	++	19		22	52	色素脱失と色素沈着
		2	2BE	1.9	+++	+++	23	7	11	52	同上
		3	3BE	0.8	++	+++	21	3	14	52	同上
		4	3BE	直後+	++	+++	23	3	16	52	同上
13	K. I.	1	1AK	0.5	+++				16	71	色素脱失と色素沈着
		2	1AE	直後+	++		27		12	71	同上
		4	1AE	直後++	++		22		15	71	同上
14	K. N.	3	弱い反応？	24以内	++	+				6	色素沈着+
		4	同上	同上	+	±				6	同上 ±
15	S. H.	2	1BE	0.5	+++		24			26	水疱
		3	1BE	直後+	+++		22			26	糜爛
18	Y. S.	2	弱い反応？	24以内	+	±				12	色素沈着±
		4	同上	20以内	++	+				12	同上 +

註：　W. は白色調を

反応を呈したが，残り6例は死亡，退院等で観察期間は弱い反応に終つた．各症例の皮膚反応の線源毎の比較を表19，20に，その数例の経過を図11，12，13，14，15に示す．

4　小括及び考按

1）　反応強弱の判定．

照射経過中に観察される諸皮膚反応が一定の傾向を有している際は各照射時間に就いて皮膚反応強弱の比較判定は簡単であるが而らざる時は屢ゝ困難である．著者は反応強弱の判定を客観的，数理的にするために水疱形成時期の観察に主体を置いたが，これと一般皮膚反応との関聯をみると17例中14例に経過の増強（紅斑，色素沈着濃度の増強）と共に水疱形成時期の短縮を認めた．而し残り3例は此の傾向が認められず一般経過より強弱の判定を行つた．

又組織検査を行い肉眼的所見と比較したが強弱順位の対応は必ずしも一致しなかつた．これは肉眼的所見に著差を認め得なかつた事実を裏書きするものであろう．

組織学的所見）　全例1700 μch/cm² 照射例

表皮		真皮					備考	反応強弱順位		
萎縮	色素沈着	基底膜	浮腫	弾力繊維	血管拡張	壁変化		肉眼	組織	綜合
稍々強い	稍々強い	不鮮明	極く軽度	正常	軽度	内被細胞腫脹		2	1	2
軽度	中等度	同上	軽度	同上	同上	同上		2	2	3
軽度	同上	稍々不鮮明	同上	同上	同上	腫脹と細胞数の増加		1	2	1
中等度	中等度	軽度の肥厚断裂	軽度	稍々著明に顆粒状断裂	軽度	稍々肥厚	肉眼変化に比して組織変化が強い.	2	3	2
高度	軽度	稍ゝ著明	同上	軽度	相当著明	軽度に膨化		1	1	1
同上	同上	最も軽度	同上	稍々著明	軽度	同上		3	2	3
なし	高度	略々正常	極く軽度	軽度に断裂	著明	軽度に膨化	W. 3日目	1	1	1
極く軽度	同上	不明瞭	なし	同上	同上	同上	線源1，2，4は紅斑出現せず	2	2	2
相当著明	同上	同上	なし	同上	稍々軽度	同上		3	3	3
極く軽度	同上	同上	なし	同上	同上	同上		4	3	4
極く軽度	中等度	一部不鮮明	軽度	軽度に断裂	最も高度	著明に膨化		3	1	3
軽度	同上	稍々強い断裂	中等度	同上	高度	同上細胞増加		2	2	2
稍々強い	同上	同上	極く軽度	稍々著明	軽度	軽度に膨化		1	3	1
軽度	軽度	一部不鮮明	同上	同上	稍々高度	同上		4	4	4
略ゝ正常	軽度	不鮮明	なし	略ゝ正常	極く軽度	極く軽度に膨化	表皮直下円形細胞浸潤	2	3	3
一部扁平化	極く軽度	一部消失	軽度	一部消失	軽度	軽度に膨化	組織球の集団	3	1	2
扁平化著明	同上	略ゝ正常	なし	同上	同上	正常		1	2	1
軽度	軽度	一部不鮮明	なし	稍著明断裂	稍々強い	軽度に膨化		1	1	1
極く軽度	同上	同上	なし	同上	中等度	同上		2	2	2
表皮変性高度解離寸前（水疱）		消失	著明	消失	高度	断裂	炎症像強い	2	2	2
表皮欠損		同上	同上	同上	同上	同上		1	1	1
極軽度	中等度	略ゝ正常	軽度	稍々著明に断裂	稍々強い	内被細胞腫脹		1	2	2
同上	同上	同上	なし	軽度	軽度	同上		2	1	1

呈した日を示す.

i）　一般経過による判定.

照射条件と皮膚反応の関係を表21に示す.

1700μch/cm² 照射例に就いて.

反応形式は弱線源照射例に1型が多く現われ4型は最弱線源照射例に一例認めたのみである. 最強線源照射時は水疱形成後糜爛に移行するもの僅か3例後7例はBK型をとつた. 他線源では全部BE型であつた. これは今岡が微少照射野でエックス線を皮膚に照射した時と同様に照射野が小さいための治癒機転の相違であろう.

早期紅斑は弱線源例に照射直後出現が多くなる傾向がある. これは48, 16時間照射の様に比較的長期間に亘る曝射では照射早期（数時間内）に紅斑量に達し而も尚線源除去迄には相当時間あるために照射直後既に相当の紅斑を呈するものと思われ強線例に比し紅斑潜伏期間の長い事によるのであろう. 濃度は最強線源照射例に稍ゝ強く照射数日後に既に白色調を呈し腫脹, 硬結等を認め次いで水疱になり（症例2, 3, 6, 8, 10, 11, 16, 17等）強線短時間照射の一つの特徴であると

表21　照射条件と皮膚反応の比較

照射線量	線源	照射時間	症例数	主なる反応形式	早期紅斑 出現時間	早期紅斑 濃度	色素沈着濃度	水疱形成日	水疱持続期間	糜爛治癒日数
1700 μch/cm²	1	7.1分間	13	3型＞2型＝1型　BK	1.5	⧺	⧺	17.6	2.0	17.0
	2	4.1時間	12	1型＞2型＞3型　BE	2.0	⧺	⧺	25.1	3.2	17.8
	3	16.3時間	11	1型＞3型＞2型　BE	直後～1.0	⧺	⧺	20.5	1.8	18.3
	4	48時間	14	1型＞2型＞3型＝4型　BE	直後	⧺	⧺	23.0	2.6	18.4
850 μch/cm²	1	3.5分間	2	2型BK，BE	2.0	⧺	⧺	28.5	5.0	20
	2	2時間	5	4型．2型は1例．BE	1.6	⧺	⧺	33.6	3.8	20
	3	8.1時間	5	4型．2，3型各1例．BE	直後	⧺	⧺	31.0	3.2	20
	4	24時間	5	4型．2，5型各1例．BE，BK	殆んど直後	⧺	⧺	34.2	4.3	19

表22　各線源別の一般経過の強弱順位

線源＼症例	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	3	2	1	2		1		1	1	1	1	3	3			1	1	
2	4	3	2		1		2		2	3		2	2		2		2	2
3	2	4		3	1		1		3	2		1		1	1	1		
4	1	1		1	3	2	3	2	4		2	4	1	2		3		1

推定された．

其の他，色素沈着は最強線源照射例に稍ゝ強いが3型の多い事に起因するものであろう．

水疱持続期間，糜爛治癒期間（痂皮脱落期間）には各照射例とも殆んど差は認められず，治癒後の色素脱失，色素沈着の状態は線源差よりも個人差が大いに関係する様に思われた．

850μch/cm² 照射例に就いて．

反応形式は最強線源照射例以外は4型が多い．（最弱線源照射例にBK型2例を認めた．）

早期紅斑，色素沈着等の皮膚反応に就いても観察したが線源による著差は認められなかつた．

以上を通覧すると最強線源照射時に最も反応が強く他は著差を見出し難かつた．試みに1700μch/cm² 照射例に就き一般経過の強弱順位をつけてみた処表22に見られる様に 7.1分間＞16.3時間＞48時間＞4.1時間照射の順位となつた．又最強反応は 7.1分間照射は13中8例，4.1時間は12中1例，16.3時間は11中6例，48時間は14中5例に見られた（850μch/cm² 照射例でも略ゝ同様の傾向が見られた）．

ii）　水疱形成時期に依る判定．

1700μch/cm² 照射例に就き各線源毎に水疱形成日数を推計学的に処理すると

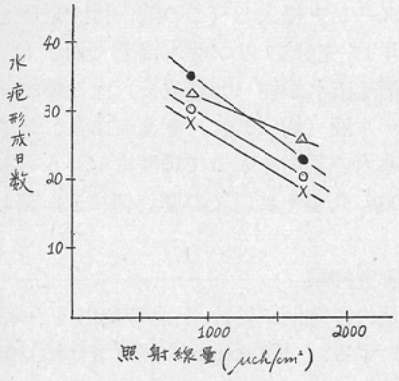
線源	水疱形成日（危険率5％）
1	17.6± 4.9
2	25.1± 4.9
3	20.5± 5.4
4	23.0± 5.5

となり superpose が甚だしく比較出来ない．而し最強線源は稍ゝ日数の短縮の傾向はあると云い得ると思う（850μch/cm² も略ゝ同様である）．

エックス線の皮膚反応には時間的因子が大いに関係し，同一線量でも遷延分割照射は一回照射に比して反応が弱いとされ，又遷延因子は分割因子より影響が少ないと云われている（Reisner, Faber, Minder, 山村，佐野等）．β線照射に於ても Low-Beer は P^{32} β線で mild erythema から severe epidermylosis 迄の諸変化を惹起する initial microcurie を24，48，72，96時間照射に就いて比較し，長時間側に近くにつれ microcurie 数の増加を認めているがその割合は僅少で，その比は 1：1.05：1.1：1.2であるという．又 Yiannakopoulos 等は Sr^{90} β線の4400rep/min.

と 180rep/min.（線強度比は24：1）との比較で同一線量では線強度の強い程，早期及び主紅斑も強く前者の2500rep と後者の3000rep とが略と同一の紅斑を起すと起べている．又 Low-Beer は〔.5cm² から5 cm² までの照射野について同一反応を起させる initial microcurie 数は cm² 当りにして略と同様であるとしている．

図16　各線源に依る照射線量と水疱形成日数との関係．



本照射実験で（最強線源：最弱線源濃度＝ 400：1）水疱形成日と照射線量との関係を各線源に就いてみると図16の如くになる．即ち最強線源は照射野が 0.6cm² で他線源に比し面積が狭少であるにも拘らず水疱形成が最も早期に出現し前記の文献成績と同一傾向を示した．

Ⅱ）　分割因子に関する検討

1.　研究目標

β線外部照射に際し一回照射法と各種分割照射法とが皮膚反応に及ぼす差違に就き検討した．

2.　研究方法

1）　照射対象

体重2～3kgの家兎背部皮膚面4カ所である．

2）　照射線源，線量及び時間的配量

線源は強線照射器を用い，4000μch/cm² を照射したがこれを

1）　一回照射

2）　一回量 400μch/cm² 10回毎日照射

3）　一回量 800μch/cm², 5 回毎日照射

4）　一回量 800μch/cm² 5 回隔日照射

の4種類に分け密着，一回及び分割照射を行った．

3）　観察方法及び期間

照射翌日から反応の終結迄毎日肉眼的に観察する（最長約7カ月間）．反応の強弱は主として痂皮，糜爛乃至鱗屑丘疹様変化の程度で判定した．紅斑判定は前編にならつた．

3.　研究結果

一回照射法は初期の紅斑（著明な紅斑波出現せず）腫脹に続き10日前後で白色調が現われ漸次黄白乃至黄褐色の厚い痂皮様物となり大多数は剝脱

表23　各照射法に依る皮膚反応

実験番号	照射法	紅斑推移	腫脹出現日	腫脹消失日	腫脹出現時の状態	痂皮形成日	痂皮形成日	糜爛治癒日	反応強弱順位
3	1	++ ～	8	13		W. 20 E. 24	35		1
	2	(++)→(++)→(++) 12	?	14	中等度		31		3
	4	同　上		12	高　度	一部K.22	?		2
4	1	++ ～ ++ →	不明			W. 9 E. 24	不明		1
	2	(−) (++) → 11	20	20	中等度		33		4
	3	(−) (++) 13	11	13	高　度		24		3
	4	(±) ～ (++) → 21	19	21	〃	W. 21 無K. 28	不明		2
6	1	(±) ～ ++	1			W. 10 E. 24	72		1
	2	(−)(±)→(−) 17 23	21	8	稍ゝ軽度		6カ月		4
	3	(±)→(−)(+)→ 8 20 ?	1	10	中等度		同上		3
	4	(−)→	15	14	稍ゝ高度		75		2
7	1	(±) ～ (++) →	3			W. 14 E. 24	45		1
	2	(−) (±) 17 ～	17	10	一番軽度		64 (60)		4
	3	(±) ～ (++) → (+) → 24 30	3	18	軽　度		55 (52)		3
	4	(−) (±) → 13	7カ月	11	中等度		52		2
8	1	(±) ～ (++) → 16	1			W. 10 E. 17.11	49		1
	2	(±) ～ (+) → (+) → 14 17	7	14	稍ゝ軽度		58 (47)		3
	3	(±) ～ (++) → 14	14	14	中等度		38 (33)		2
	4	(±) ～ (++) → 16	15	15	稍ゝ軽度		57 (41)		3
9	1	(±) ～ (+) →	6			W. 14 E. 24	69		1
	2	(−) (+) → 22	16	16	稍ゝ軽度		不明（7月以上）		3
	4	(±) ～	12	11	中等度		36		2

註：紅斑推移欄中～～は紅斑の動揺，一は動揺の少い経過を示し，↑は紅斑の出現，数字はその日数を示す．痂皮形成日欄中Wは白色調，Kは痂皮，Eは糜爛を各々形成した日を示す．糜爛治癒日欄中（　）は略と治癒に近い状態になつた日を示す．照射法の数字は照射線量の項の順序に一致する．日数は何れも照射後の日数である．

して糜爛となつて照射後35～72日には治癒した．分割照射時は何れも略と同様の経過で多くは軽度の紅斑（約2～3週目に稍と濃くなる）と腫脹に鱗屑様糜爛が加わり（約2週目）漸次鱗屑丘疹様状態となるが前者と異り糜爛を生ずることなく多くは1～2カ月で治癒した．各照射法とも後に脱毛，萎縮，色素脱失を残すが一回照射は最も変化が強く又分割照射例では特に差は認めなかつた．

表24　各照射法に依る皮膚反応の比較

照射法		紅斑	腫脹開始日	鱗屑粃糠開始日	鱗屑丘疹様変化の程度	痂皮，糜爛形成日	治癒日	反応強弱順位
1回照射		±～++～++	4	／	／	W. 10 K. 15 E. 32	54日	1
分割照射	10回毎日	−～++	16	14	軽～中等度	／	1～2ヵ月	4
	5回毎日	±～++	7	14	中等度	／	略々同上	3
	5回隔日	±～++	12	13	中等～高度	(時に痂皮化)	略々同上	2

各照射法に依る皮膚変化の概略を一括表示(表23)する．

4.　小括及び考按

各照射法毎に反応を比較すれば表24の如くである．一回照射法は紅斑，腫脹も早期に出現し反応主体が痂皮，糜爛形成で他の鱗屑丘疹様変化に比して最も強い変化を示している．各分割照射は一回照射に比し皮膚反応が明らかに軽度で，エックス線の場合及びβ線の場合の Yiannakopoulos等の成績と一致した．彼は1000rep 宛連日5回総量5000rep 照射を行い3000rep 一回照射と略ゝ同一の紅斑を起すことを報告した．

IV　深部効果に就いて

1.　研究目標

Sr^{90} β線の深部効果範囲はβ線外部照射治療の際大いに問題になるので此の点に就き検討した．

2　研究方法

1)　研究対象

2～3kgの家兎（7匹）の耳殼外側面に約6照射野を選んだ．

2)　照射線源及び線量

強線照射器に依り 400，1000，2000，4000，8000μch/cm^2 の密着一回照射を行つた．

3)　観察方法及期間．

照射後毎日その経過を観察し初期（紅斑～無紅斑期），極期（鱗屑丘疹様変化又は痂皮糜爛形成期），回復期（最長9カ月間）に三大別し各時期に於ける血管変化を小川氏の血管墨流し法により検索した．小川氏法に依る血管注入色素液は高級紅花墨をリンゲル液で磨り，0.8%の割に寒天を加え加温溶解後約40度に保温した墨リンゲル液である．墨流し術式の概略は麻酔家兎の大動脈基部に動脈カヌーレを挿入し（この際下行大動脈を結紮する）耳に充分のリンゲル灌流（約2 l）を行い，（灌流圧水銀柱 100粍前後）血液駆出後前記墨リンゲル液（約 300cc）を灌流する．灌流停止後液中寒天の凝固をまつて10%ホルマリン液で固定後 200μ 乃至それ以上の厚い切片を作製して検鏡する．

3.　研究結果

各線量の各時期に於ける血管変化を一括表示（表25）する．400μch/cm^2 照射では極く軽度の迂曲，管径不同，壁不整を照射側のみに見る程度で著変はない．1000，2000μch/cm^2 の全部と4000μch/cm^2 照射の大多数では初期には拡張，迂曲，蛇行を見る程度であるが極期には迂曲蛇行，管径不同，壁不整，瘤状及び捻珠状変形，断裂，消失等があり回復期には網眼疎となり萎縮血管が認められた．

8000μch/cm^2 照射は最も変化大で，極期には血管は全く破壊され遂に消失し後に組織脱落を来した．

4.　小括及び考按

家兎耳殼の厚さは尖端附近で約 0.7mm，中央部附近では約 1.0mm内外であるが上記の血管変化から Sr^{90} β線は 0.7～1.0mm以上に及ぶ深部効果を有する事を組織的に実証した．Sr^{90} β 線の hal value depth は文献に依ると大体 0.7mm附近で凡そ家兎耳の厚さに相当し各線量照射時の耳両面の変化の比較では略ゝ此の値に対応する変化を示した．Low-Beer は P^{32} β線に依る bullous epidermolysis の急性期には深さ5mm，その回復期には2mmに深部効果が見られるという．著者は

表25　家兎耳殼両面に於ける各期の血管変化

照射線量	初期 照射側	初期 反対側	極期 照射側	極期 反対側	回復期 照射側	回復期 反対側
400	著変なし.	著変なし.	管径不同，壁不整迂曲を軽度に認む.	著変なし.	著変なし.	著変なし.
1000	軽度の拡張と蛇行.	軽度の拡張？	一般に拡張，狭窄が混在. 迂曲蛇行し毛細血管一部破壊. 管径不同，壁不整，嚢状拡張，瘤形成，捻珠状形成軽度に存在.	迂曲，蛇行が主. 軽度に管径不同，壁不整.	毛細血管，細血管殆んど消失. 残存血管も萎縮状で分布非常に疎.	走行稍ゝ屈曲分布疎だが略ゝ正常状態に近い.
2000	同上変化稍ゝ強い.	軽度の拡張.	拡張が強く同上変化相当著明.	迂曲蛇行，管径不同，壁不整強い. 毛細血管も一部破壊.	略ゝ同上. 管径不同，壁不整を残す.	一般に拡張，狭窄も混ずる. 迂曲蛇行，壁不整，管径不同も軽度. 毛細血管も一部消失し，血管分布部分的に疎.
			軟骨一部不鮮明			
4000	同上の変化強く管径不同，壁不整軽度に認められる.	拡張と迂曲蛇行.	同上変化高度. 捻珠形成著明.	照射側と大差認め難い.	略ゝ同上. 拡張，狭窄の混在比較的著明だが一般に萎縮状.	毛細血管，細血管の殆んど消失. 拡張強く迂曲蛇行，管径不同，壁不整著明. 血管分布疎.
			軟骨一部不鮮明（破壊？）			
8000	管径不同，壁不整稍ゝ著明. 毛細血管一部消失し，断裂像あり. 拡張，迂曲蛇行強い.	略ゝ照射側の変化に準ずるが稍ゝ軽度.	組織全く破壊し血管像なし. 比較的早期に既に血管破壊消失.			

既に前編に於ける人体皮膚組織所見から糜爛期には約3mm，回復期には 0.4mm迄に比較的著しい変化を認め得たが，此れと家兎所見とを綜合しβ線外部照射治療条件では（家兎の1000～4000μch/cm^{2}に相当する）深部効果は約2～3mmと推定された.

V　總轄及び結論

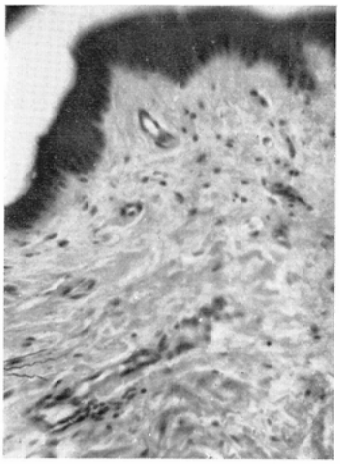
1　45名の人体上腕屈側皮膚面 153カ所にSr^{90} β線源（平面線源－35.4, 97.5, 104.8, 213.4, 412.7, 591μc/cm^{2}及び強線照射器－約 14300

表　26

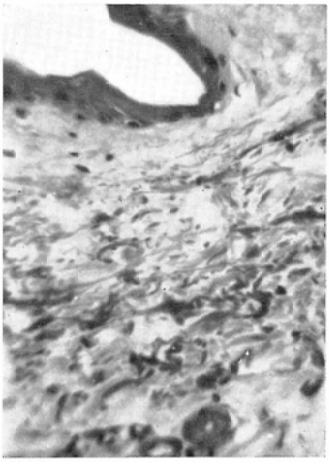
反応	線量		反応経過
弱い反応（1型）	50～30 μch/cm^2	以下	無紅斑→色素沈着→褪色
〃（2型）	100～200 μch/cm^2	紅斑	↗ ↗ ↓
中等度の反応	200～500 μch/cm^2	紅斑	第二期紅斑→表皮剥脱→色素沈着（色素脱失）
強い反応	上記以上		

1型 → 紅斑＋色素沈着――――→
2型 → 色素沈着→第二期紅斑――→ 水疱 →色素脱失（色素沈着）
3型 → 色素沈着――――→ 糜爛
4型 → 紅斑＋色素沈着→比較的著明な紅斑→
5型　無紅斑 → 色素沈着――――→
→紅斑出現――→

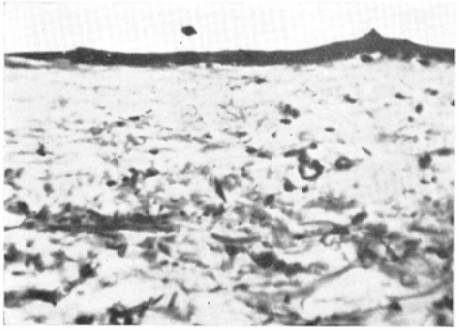
附図1．K.N. ♂54才，H.E. 染色（約 200倍）
1900μch/cm^2 照射．照射後6日目．
肉眼所見：紅斑＋（弱い反応？）照射線量に比して反応は弱く毛細血管の軽度の拡張．（部位は特に記入のないものは全例上腕屈側皮膚である）．



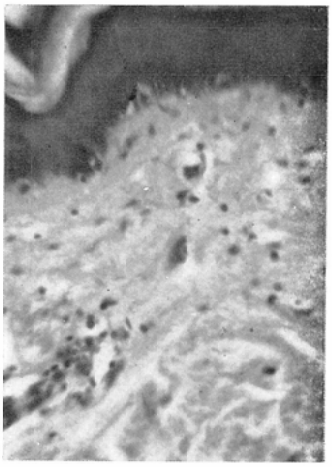
附図2．F.N. ♀45才，H.E. 染色（約 200倍）
850μch/cm^2 照射，照射後28日目．
肉眼所見：色素沈着±（弱い反応）表皮の軽度の萎縮と血管拡張．



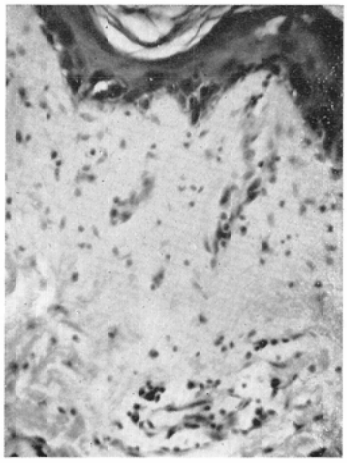
附図3．K.T. ♀50才，H.E. 染色（約 200倍）
850 μch/cm^{2}照射，照射後46日目．
肉眼所見：色素沈着＋＋（弱い反応）表皮萎縮高度，毛細血管の拡張．



附図4．T.S. ♀44才，H.E. 染色（約 200倍）
1700μch/cm^2 照射，照射後1日目．
肉眼所見：紅斑＋＋（強い反応）血管拡張充血稍々著明．

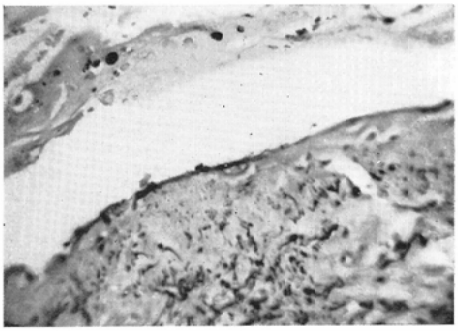


附図5．T.S. ♀44才，H.E. 染色（約 200倍）
1700μch/cm^2 照射，照射後13日目．部位乳部．
肉眼所見：（紅斑＋色素沈着）＋＋＋（強い反応）角質増殖，表皮細胞の変性．血管拡張，充 血と細胞浸潤．

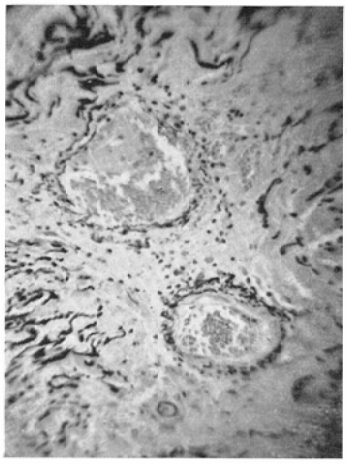


附図6．S.H. ♀48才，H.E. 染色（約50倍）
1700μch/cm^2 照射，照射後26日目．部位腰部．
肉眼所見：糜爛（強い反応）糜爛部は表皮剥脱，真皮の炎症像強く，周辺部表皮は hyperplastisch となる．

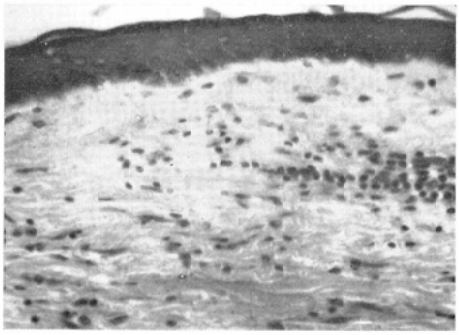
附図7．F.N. ♀45才El. V.g. 染色（約 200倍）
2500μch/cm² 照射，照射後26日目．
肉眼所見：水疱（強い反応）水疱形成と水疱下真皮の弾力線維の断裂．



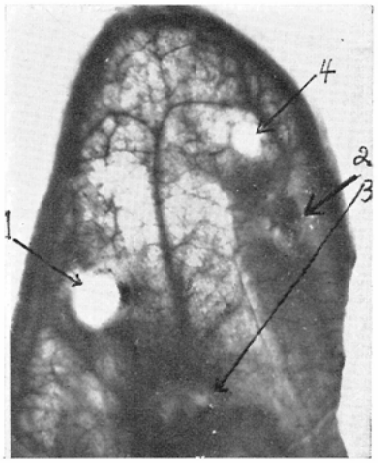
附図8．同上．El. V.g. 染色（約 400倍）血管拡張（充血，鬱血）と血管壁弾力線維の破壊像．



附図9．K.I. ♂49才，H.E. 染色（約 200倍）
1700μch/cm²照射，照射後71日目．
肉眼所見：糜爛後の色素脱失．表皮は再生，而し扁平，表皮突起なし．真皮細胞浸潤と真皮上層の結合織稍〻硬化状（表皮下約 0.4㎜に亘る）

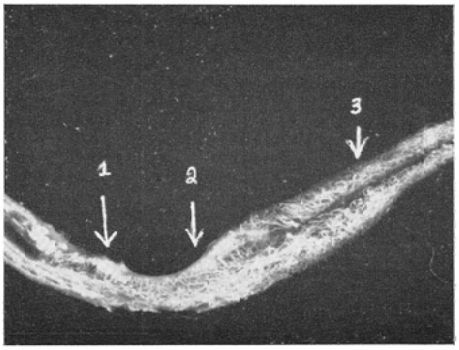


附図10．家兎耳殼への墨流し法による墨流入状況
1）は 8000μch/cm² 照射後組織脱落し従つて墨の流入なし．
2)，3）ともに4000μch/cm² 照射で糜爛痂皮化し周囲の紅斑部に相当して墨流入著明．
4）2000μch/cm² 照射後脱毛を残して治癒した部位で血管破壊により墨の流入少ない．

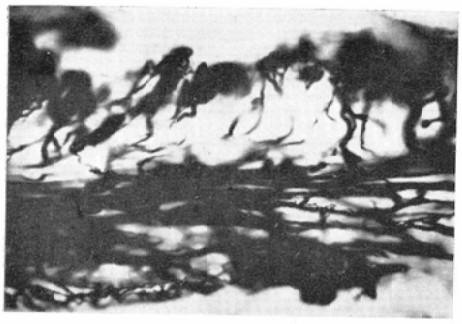


附図11．家兎耳殼表面に於ける血管分布（正常）

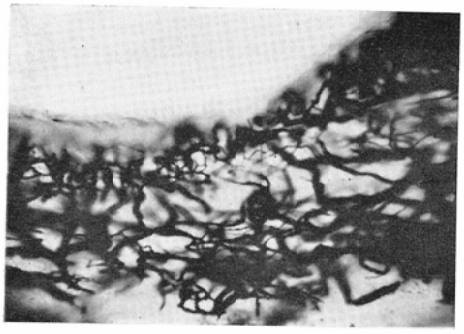
附図12．家兎3（耳殼縦断）4000μch/cm² 照射極期（白い部分が血管）矢印面が照射側．照射部位は軟骨層認められない．



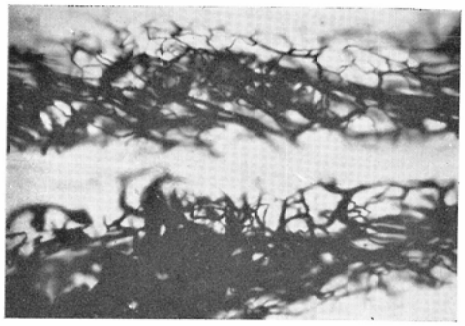
附図13. 同上
1) 部拡大　血管変化著明（管径不同，拡張と狭窄，壁不整，瘤乃至糸球形成等々）



附図14. 同上
2) 部拡大　血管変化1）部に比し軽度.

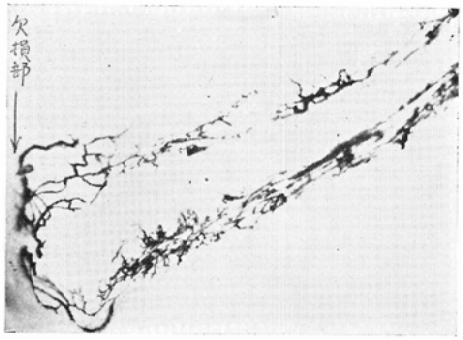


附図15. 同上
3) 部拡大　血管変化，1)，2) に比して非常に軽度で拡張が稍ゝ強い程度.



附図16. 家兎7　2000μch/cm^2 照射回復期（耳殻表面）毛細血管の断裂，破壊，消失のために網眼は著しく疎となる．細小血管には管径不同，壁不整，迂曲，血管瘤形成等を認める.

附図17. 家兎9　8000μch/cm^2 照射回復期 照射部位は欠損．欠損部位に近い部位の血管は大部分破壊，消失したが一部の残存血管は時に拡張，迂曲蛇行を示しながら不規則な網眼を形成する.（上方が照射側）



μc/cm²) を用い30～5100μch/cm² 迄の各種線量の密着一回照射を行い，照射直後から最長3年迄肉眼的及び組織学的に観察し次の結果を得た．

1) 皮膚反応を表皮剝脱と水疱（糜爛）形成の有無で弱い反応，中等度の反応及び強い反応に，弱及び強い反応は更に紅斑，色素沈着の狀況で前者は第1,2 型後者は第1～5型に分類した．此等諸反応は照射線量と関係がある．此れを模式的に表示する（表26).

2) 早期紅斑の強度，出現時間は線量に比例的である．threshold erythema doseは 100μch/cm² (260rep) である．

3) 紅斑波は中等度反応以上に認められたが，著明なのは第二波迄で第三波は不明であつた．

表皮剝脱や水疱形成を伴わぬ第二波の出現は明らかでなかつた．

4) 色素沈着の出現は照射後4日，移行は6日前後で特に線量との関係はない．而し濃度は比例的である．

5) 水疱形成日は21～35日で線量に依り相当差がありその持続は3日前後である．糜爛は難治性でなく約3週間で治癒する．

6) 表皮剝脱後は色素沈着が，糜爛治癒後は色素脱失が主に認められる．

7) 反応には個人差が多く，殊に衰弱者は線量に比し反応が弱い．

8) 77カ所（22名）の照射皮膚に就きヘマトキシリン－エオジン染色，エラスチカ－ワンギーソン染色，パス染色を施し組織学的に其の変化を観察したが略ゝ肉眼的所見に一致し線量の増加に伴いその変化も多彩となるが一般に表在性である．照射直後にも真皮乳頭層の毛細血管の拡張，充血，内被細胞の腫脹等が認められる．弱い反応時には表皮の萎縮，変性及び色素沈着，真皮の浮腫，萎縮表皮下の基底膜や弾力線維の断裂，血管壁の膨化等が見られるが比較的軽度である．強い反応時は初期は略ゝ同上の変化位であるが経過と共に皮膚炎の像を呈し，糜爛時には表皮欠損に加え真皮浮腫，血管の拡張，充血，鬱血，壁の膨化，弾力線維や基底膜の断裂，消失，細胞浸潤等最も強い変化を来す．糜爛回復後（約1カ月）は表皮の再生（萎縮，扁平化している）が認められ真皮には尙軽度の炎症の残存像があつた．

2. 23名の同上皮膚に就き 1) 14300μc/cm² 2) 412.7μc/cm², 3) 104.8μc/cm² 4)35.4μc/cm² の強→弱4線源で1700μch/cm²(5例は850μch/cm²) 一回照射を行い遷延因子の検討を行つた．皮膚反応の強弱は水疱形成日数，一般経過を以て判定したが最強線源が最も強い反応を示す様であつた．而しあとは必ずしも線強度の順にならず3)4)2)の順で弱くなる傾向を示した．

3. 6匹の家兎背部皮膚に就き強線照射器を用い，4000μch/cm² の1)一回照射2)毎日10回照射3)毎日5回照射4)隔日5回照射の4照射を行い分割因子の検討を行つた．一回照射は痂皮，糜爛を起し最も変化が大で他は皆鱗屑丘疹様変化が主で著差を認め得なかつた．

4. 7匹の家兎耳殼（厚さ 0.7～ 1.0mm内外）に強線照射器を用い 400，1000，2000，4000，8000μch/cm² の密着一回照射を行い，その深部効果を小川氏の血管墨流し法に依り検討した． 400μch/cm² を除き他は耳殼両面に迂曲蛇行，管径不同，壁不整，瘤狀又は捻珠狀変型，断裂等を認め，8000μch/cm² は極期には血管は完全に破壊，消失し後に組織脱落を来した．此等よりβ線外部照射治療条件では深部効果は2～3mmと推定された．

擱筆に臨み本研究に御懇切なる御指導並びに御校閲を賜つた恩師津屋教授並びに宮川教授（東京大学）に深甚の謝意を捧げ，又病理組織学的検索の御指導を賜つた病理学教室吉村教授に衷心より感謝の意を表する．又終始御援助を戴いた教室員各位に深甚の謝意を表する次第である．

文　献

1) G. Miescher: Strahlenth. 16, 333 (1924). — 2) A.D. Ruedenmann: Arch. Ophth. 41, 1 (1949). — 3) H.L. Friedell and J.S. Krohmer: Amer. J. Ophth. 33, 525 (1950). — 4) H.L. Friedell, C.I. Thomus and J.S. Krohmer: Amer. J. Roent. 65, 232 (1951). — 5) J.S. Krohmer: Amer. J. Roent. 66, 791 (1951). — 6) P. Frederick: Amer. J. Roent. 67, 805 (1952)

— 7) W.K. Sinclair and H. Blondel: Brit. J. Radiol. 25, 360 (1952). — 8) W.R. Christensen, S.C. Sommers and C.K. Spalding: Amer. J. Roent. 68, 801 (1952). — 9) H.H. Rossi and R.H. Ellis: Amer. J. Roent. 67, 980 (1952). — 10) G. Barth, G. Katrakis und F. Wachsmann: Strahlenth. 92, 644 (1954). — 11) V.H. Witten, E.W. Brauer, V. Holmstrom and R. Loevinger: Invest. Dermat. 23, 271 (1954). — 12) H.D. Griffith, J.F. Philip and G.E. Swindel: Brit. J. Radiol. 27, 107 (1954). — 13) H.L. Friedell, C.I. Thomus and J.S. Krohmer: Amer. J. Roent. 71, 25 (1954). — 14) W.B. Seaman, M.M. Jer-Pogossian and W.B. Ittner: Radiol. 65, 260 (1955). — 15) A. Yiannakopoulos und K.E. Scheer: Strahlenth. 100, 165 (1956). — 16) Low-Beer, B.V.A.: The Clinical Use of Radioactive Isotopes. Charles C. Thomas, Springfield. (1950). — 17) National Nuclear Energy Series. Div. IV, Vol. 22 E and 22 I, McGraw-Hill, New York (1951). — 18) A.J. Delario: Roentgen, Radium and Radioisotope Therapy. Lea & Febiger, Philadelphia (1953). — 19) Advances in Biological and Medical Physics. Vol. III, Academic Press Inc., New York (1953). — 20) Year Book of Radiology. 1953～1955 Series, Chicago. — 21) 山村好雄：日本レ学会会誌. 12巻5号 176頁, 昭和10年. — 22) 志賀達雄：日本レ学会会誌. 13巻1号7頁, 昭和10年. — 23) 佐野潤郷：日本レ学会会誌. 14巻4号360頁, 昭和11年. — 24) 小川義雄：横浜市立大学紀要. Series C-6, No. 12 (1952). — 25) 今岡睦磨：日本医放会誌. 12巻5号11頁, 昭和29年. — 26) 菅野三男：日本医放会誌. 13巻11号690頁及び14巻2号105頁, 昭和29年. — 27) 宮川, 森栄, 広石：日本医放会誌. 14巻7号440頁, 昭和29年. — 28) 宮川, 森栄, 岩井, 田中, 広石：日本医放会誌. 15巻4号311頁, 昭和30年. — 29) 大塚, 藤田, 鳥取, 橋本, 田中：日本医放会誌. 15巻5号 365頁, 昭和30年. — 30) 野口義図：臨床放射線. 2巻5号315頁, 昭和32年. — 31) 中泉正徳：臨床放射線学. 金原（東京), 昭和29年. — 32) 武田俊光：レントゲン治療学. 鳳鳴堂（東京), 昭和26年. — 33) 江藤秀雄：人体と放射線. 岩波（東京), 1951年. — 34) 増山元三郎：少数例のまとめ方. 河出（東京), 昭和29年. — 35) 伊東, 野波：皮膚科最近の進歩. 医歯薬（東京), 昭和30年.

Study on skin reaction (mainly human body) by external Beta radiation.

By

Takashi Hiroishi
Department of Radiology, Yokohama University School of Medicine
(Director: Prof. A. Tsuya)

Using various Sr^{90}-Y^{90} Beta-ray sources, (plane sources-35.4～591 $\mu c/cm^2$ and strong applicator-approximately 14300 $\mu c/cm^2$) contact irradiations were given on the skin surface of mainly human bodies and rabbits and studied on many items (skin reaction, time factor, depth effect etc) of external radiation.

1) Single irradiations of from 30 to 5100 $\mu ch/cm^2$ were given on the human skin. Skin reactions were classified in 3 levels (weak-1 and 2 types, moderate and severe-1～5 types) according to the presence of exfoliation of the epidermis and vesicle (erosion). These reactions were related to the irradiation dosage (threshold reaction-30 $\mu ch/cm^2$, threshold erythema-100 $\mu ch/cm^2$, weak reaction-30～200 $\mu ch/cm^2$, moderate reaction-300～500 $\mu ch/cm^2$, severe reaction-above 500 $\mu ch/cm^2$). Also the early erythema was proportional to the dosage and the second erythema wave was noted in cases with moderate or greater reaction, but the third wave could not be detected. Pigmentation appeared on 4th day after irradiation with transition on approximately 6th day. Vesicle

formed on 21～35th day. They varied considerably with dosage. Erosion after the vesicle-formation was not difficult to be healed, healed in about 3 weeks. Microscopic findings almost invariably corresponded with the macroscopic findings and the damage was restricted to the superficial layer of the skin. When the reaction is weak, there were atrophy and degeneration of epidermis with pigmentation, edema of the dermis, fragmentation of the basalmenbrane and elastic fiber, dilatation of the blood vessel and swelling of it's wall. During of erosion, the most severe changes (epidermal defect and severe inflammation) were noted. After the recovery of the erosion, there was a regeneration of the epidermis. There were great differences in reaction among individuals and especially on weak individuals the reaction was weak in comparison with the given dose.

2) Single irradiations of 1700 μch/cm^2 and partly 850 μch/cm^2 were given to the above skin of human body using 4 radiation sources of (1) 14300 μc/cm^2 (2) 412.7 μc/cm^2 (3) 104.8 μc/cm^2 (4) 35.4 μc/cm^2 and study was made on the protracted factor. It appeared that the most intense source caused the most severe reaction, but in the other sources the reaction did not necessarily decrease in accordance with the intensity.

3) On the skin of the back of rabbit, four irradiations were given using strong applicator, those were (1) single irradiation (2) irradiation for 10 times per day (3) irradiation for 5 times per day (4) irradiation for 5 times given every other day. The fractional factor was thus studied. Single irradiation was the severest and the other irradiations were about the same.

4) Using strong applicator, single irradiations by contact were made on the rabbit ear (thickness about 0.7～1.0 mm) at dosage of from 400 to 8000 μch/cm^2. Study on the depth effect of external radiation was made by Ogawa's vascular perfusion method. It is considered that the depth effect of Beta-ray was about 2 mm in general external radiation therapy according to this method.
