



Title	放射線の相互作用に就て(II)
Author(s)	氣駕, 正巳
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1951, 11(1.2), p. 21-25
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/20754">https://hdl.handle.net/11094/20754</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

## 放射線の相互作用に就て(II)

醫學士 氣 駕 正 巳

(東京大學醫學部放射線醫學教室 主任 中泉教授)

Some Considerations on the mutual Action of the radiant Rays. II.

Igakushi m. Kiga

(Department of Radiology, Faculty of Medicine of Tokyo University.

Director: Prof. m. Aakaidzumi)

### V. 量子的考察

放射線の生物作用の機構は色々な立場から論ぜられて居るが、量子的に取扱う事は本實驗の如く簡単な生物を用いて數値的に取扱い得る場合には最も適したものと思われる。

Dessaner<sup>93)-96)</sup>, Holthusen<sup>110)-112)</sup>等の理論的考察に源を發し、Blau u. Altenburger<sup>81)</sup>は單色エックス線による生物學的作用を純粹に確率的見地から説明を試みた。これは的彈説として種々の方面から研究され Glocke<sup>101)-108)</sup>, Holweck<sup>115)-116)</sup>, Laccasagne<sup>119)-121)</sup>, Crowther<sup>86)-89)</sup>, Jordan<sup>117)-118)</sup>, Sommermeyer<sup>146)-148)</sup>等々の人々により吟味され變形もされて居る。

この式は  $m_0$  個の非常に感受性の高い小體に単位時間に作用係數  $\sigma$  を以て的彈が作用した場合に少くとも  $n$  回當つた小體の數は

$$y = m_0 - m_0 e^{-\sigma t} \left\{ 1 + \sigma t + \frac{(\sigma t)^2}{2!} + \dots + \frac{(6t)^{n-1}}{(n-1)!} \right\}$$

Blau u. altenburger.....(1)

であり、この式の  $n$  が的彈數であつて、少くとも  $n$  回當れば小體、従つて箇體が障礙されるという考である。

二種類の放射線の相互作用を考えると、波長依存性の問題と一致しそうに見える。

波長依存性とは、物理學的に等量の放射線を與えた場合に放射線の波長の長短により、生體に質的或は量的に異つた生物學的作用を及ぼすか否かという事である。(Eudorina の實驗の場合上述の目標の生死を扱えばこの質的の差は紫外線とエックス線とでは認められない。)

波長の範圍は種々あるが紫外線の場合はエツクス線や ガンマ線と共通な便利な測定法が無いため等しい線量を與える事が困難であるので、多くは波長依存性の有無は超軟線から ガンマ線までの範圍で研究されて居るが、簡単な生物に就ても波長依存性無しとする Packard<sup>136)</sup>, Muller<sup>68)</sup>, Holthusen, Zweifel, Brann<sup>83)</sup>, Liechti 等があり、波長依存性有りという Zuppinger<sup>155)</sup>, Holweck et Laccasayne, Wyckiff<sup>151)-154)</sup>等がある。Schreiber<sup>75)</sup>は酵母に紫外線を照射して、波長により障碍曲線の形が變ることを述べて居り、Glocke, Langendorff 及び Reutz 等は試験體に依つて異なるとして居る。

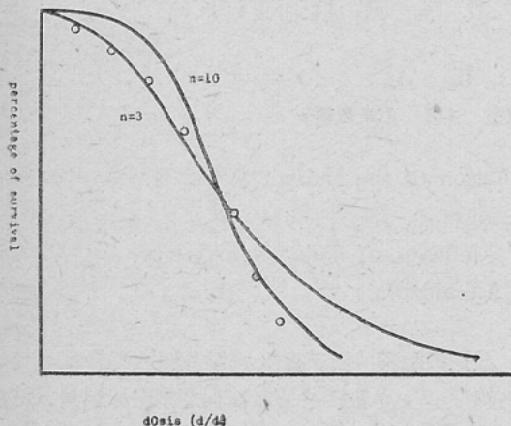
本實驗の結果エックス線によれば的彈數3で紫外線では4であるから、式(1)より直接に併用した場合の式を導けば

$$y = m_0 e^{-\frac{(\alpha x + \sigma uv)t}{2}} \left\{ 1 + (\alpha x + \sigma uv)t + \frac{(\alpha x + \sigma uv)^2}{2!} t^2 + \frac{(\alpha x + \sigma uv)^3 \sigma uv}{3!} t^3 \right\} .....(2)$$

(エックス線及び紫外線の作用係數は夫々  $\alpha x$  及び  $\sigma uv$  である)。(2)式は障礙されない確率である。これは的彈數3及び、4の中間に位する曲線である。

實驗より第6圖の曲線が得られる。これと式(2)との相違は兩者が量子的に附加的でないことを示す。しかし前述の小體が何であるか、そして又一方物理的方面からエックス線と紫外線の吸收の差異を考えれば、式(2)は當てはまらぬ筈である。的彈は光量子の吸收であつても (Condon, Terril, Curie, Holwck et Laccasagne), 光量子の一部分

### 第 6 圖



であつても (Dessaner の點熱は約 10eV であり, Crowther は 1 イオン對である), 又は光電子及びコムプトン電子であつても (Glockner) 鬼に角エックス線は原子的に紫外線は分子的に吸収されるという重大な相違がある.

一方又上述の小體が何であるかは的彈數が1である様なものではVirusの如く實驗値より得られた計算値と電子顯微鏡による像等からの大さとの一致から證明され得るものがある。しかし1以外の曲線のものでは細胞に小體が1あつて、この的彈數2以上か、又は多數の小體があつてその幾分か障礙されることであるが、しかもこの小體が夫々幾つの的彈乃至はエネルギーを必要とするかという事になり、的彈數1の場合でも更に時間的要素の無い事及び $\alpha$ 線等の障礙曲線を得てはじめて決定されることを考えれば非常に複雜なものと考えられる。

エックス線又は紫外線による Eudorina の障礙が式(1)で同時に説明されるためには、小體が一つであり、この小體中の「分子」の一定のものが幾つか壊れた時 障碍されると考えれば吸收機構は違つても小體は同じものであるが、すでに射彈數が兩者で異なるため更に多くの假定を有する高次方程式となる。

この問題のためには紫外線は別の重要さを有つにすぎず、 $\alpha$ 乃至は $\beta$ 線等を Eudorina に作用させて研究中である。

以上の如く Eudorina に対する兩者の作用は量的的には附加的ではない。

## VI. 総括的考察(障礙曲面に就て)

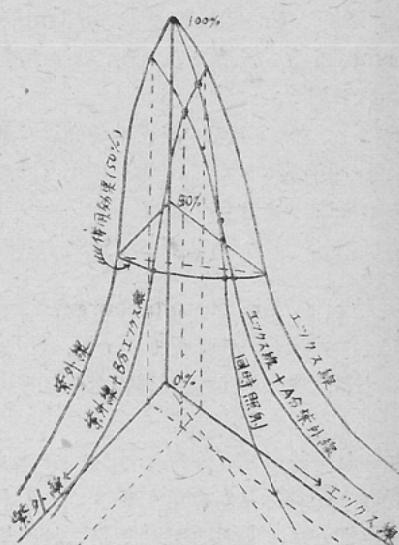
障碍曲面(injury surface)

上記の如く相互作用を論する時に主として「50%生存」を標準として来たが、 $z$  軸に障害度をとり、 $x$  及び  $y$  軸に夫々兩放射線量をとれば第10圖である。

上記の実験に就ては、 i) 一方のみによる障礙曲線は夫々 x-z 又は y-z 平面上にあり、 ii) x-z 面に平行な面で切れば第1圖に表わされた曲線の一系  
列が得られ、併用された紫外線の量は y 軸を切る  
點である、 iii) z 軸を例えば 50% で z-y 面に平行な  
面で切れば第3圖の模型圖となる、 iv) z 軸を含む  
面で切れば第8圖で、これは或比率で兩者を混合  
照射した場合であり、この切る面と x 又は y 軸と  
の角度が混合の比で決まる。

### 第 7 圖

生存曲面



## VII. 結語

- i) 放射線の生物學的相互作用をエツクス線及び紫外線に就て *Eudorina elegans* を用いて實驗した。

- ii) 數量的に取扱つて見ると兩者を併用しても障礙に關して特別に感受性を高めず。
- iii) 兩者の作用機構が類似のものとして、附加的作用を考えると、協働的に作用する。
- iv) 相乘的という別の考も吟味したが、これに當てはまらない。
- v) 特異的作用を附加的作用に、非特異的作用を相乘的作用と聯關係けて見た。
- vi) 量子的に附加作用の式を考えたが、實驗結果とは相違して居り、むしろ的彈説の式に對し否定的な結果であつた。
- vii) 相互作用は生存乃至は障礙曲面で論ずるべきである。

#### 附. 皮膚紅斑に於ける實驗例

エツクス線の皮膚に對する作用を輕減する意味で、種々の外因を考えた研究は數多くなされて居る。この外因は作用機構の上からは、生物學的、物理化學的乃至は純物理的に分けて考える事が出来る(Holthusen)。又外因を與える時期が隔つて居れば「Gewöhung, Immunität」を考えなくてはならない。(Holthusen, Jüngling, Hansmann)。しかしこゝで取扱う問題は時間的の隔りの無い場合であり、光に特異的である意味でエツクス線及び紫外線の作用を考える事にする。

緒論に述べた如く、この種の實驗は多數あるが數值的乃至は量的に取扱つたものは殆どなく結果も區々である。

ここで幾分でも量的の要因を導入出來れば幸である。

#### A. 實驗方法

20~25歳の成人の左右の上腕部の皮膚を用いた。種々な要因に依る變動をさけるため、被檢者に就て次の如き限られた實驗を同時に行つた。

照射裝置は紫外線は先に使用したものと同じで皮膚間距離は50粂とした。エツクス線裝置前と同様で濾過板は0.5粂Al.とし、焦點皮膚間距離を15粂とした。

紫外線照射は直徑1粂の穴を黒紙に開け、他部分を蔽い、エツクス線照射の場合は厚さ3粂の鉛板にやはり直徑1粂の穴を開けて蔽う。

#### B. 紅斑の検査

照射後の紅斑の出現迄の期間は個人差もあり、(Miescher<sup>180</sup>, Lendent<sup>181</sup>, Jungling), 又線質、線量によりかなり變動があり(Adams<sup>177</sup>, Barnes), 又紅斑の程度を定めて波長依存性を論じたものもあるが、(Hausser u. Vahle<sup>178</sup>, Schlechter<sup>179</sup>, Leitner<sup>180</sup>), こゝではエツクス線及び紫外線の相互作用の目標を紅斑の有無にとり(+), (±)及び(-)の3に大別して検査し(±)をその境とした。

紅斑(+)と云うのは早期紅斑後、約3週間觀察して紅斑及び着色を認めたもので、(±)は僅かにそれを認めるものを云う。

照射線量はやはり照射時間を以て表わす。この場合成るべく同じ部位の皮膚を用い、(Geilly<sup>171</sup>) しかも殆ど同時に用いる必要があるので、(Ellinger<sup>181</sup>, Friedlich), 前記の單細胞の實驗の如くに細かに階段に分ける事が出來ないので紫外線で0, 1, 3, 5, 7, 10, 15分。エツクス線で0, 1.5, 3, 4.5, 6, 9分と云う様に比較的間隔を廣くとらねばならなかつた。

時間的因子はこの程度の照射時間では考えなくてよい(Teschendorff<sup>182</sup>), 兩放射線照射の間隔は1~2分であり、照射時間を考えれば無視出来る。

場互作用の數量的取扱方法としては障礙即ちこの場合の紅斑着色が細胞の場合の如く數量的に表わし得ず、且つ波長の差異等による作用機構が非常に複雜であるので(Albus<sup>183</sup>, Bordes<sup>183</sup>, Bert-

表 II

		I						II							
uv	x	0	1	3	5	7	10	15	0	1	3	5	7	10	13
0	-				-	±	+		0			-	±	+	
2	-	±	+						1.5	-	±	+			
3	-	±	+						3.0	-	+				
4	±	+							4.5	-	±	+			
7	+								6.0	±	+				
9									9.0	+					

		III						IV							
uv	x	0	1	3	5	7	10	15	0	1	3	5	7	10	15
0	-			-	±	+			0			-	±	+	
1.5	-	±	+						1.5	-	±	+			
3.0	-	±	+						3.0	±	+				
4.5	±	+							4.5	+					
6.0	+								6.0	-					
9.0									9.0						

V

$\frac{uv}{x}$	0	1	3	5	7	10	15
0			-	$\pm$	+		
1.5		-	$\pm$	+			
3.0	-	$\pm$	+				
4.5	$\pm$	+					
6.0	+						
9.0							

VI

$\frac{uv}{x}$	0	1	3	5	7	10	15
0			-	$\pm$	+		
1.5		-	$\pm$	+			
3.0	-	$\pm$	+				
4.5	$\pm$	+					
6.0	+						
9.0							

表 III

	$\frac{+}{+}$	$\frac{\pm}{+}$	$\frac{+}{\pm}$
I	0.67	0.50	1.18
	0.73	0.59	1.21
	0.79		
II	0.80	0.66	1.35
	0.93	0.59	1.25
	0.76		
	0.88		
III	0.85	0.88	1.38
	1.00	0.75	1.33
	0.95		
IV	1.09	0.76	1.60
	1.05	0.76	1.50
V	1.05	0.85	1.42
	1.00	0.83	1.38
	0.95	0.75	1.38
VI	0.88	0.85	1.43
	1.00	0.83	1.38
	1.25	0.95	

表 IV

I

$\frac{uv}{x}$	0	1	3	5	7	10
0		-	$\pm$	+		
1.5		-	$\pm$	+		
3.0	-	$\pm$	+			
4.5	$\pm$	+				
6.0	+					

II

$\frac{uv}{x}$	0	1	3	5	7	10
0		-	$\pm$	+		
1.5	$\pm$	+	++			
3.0	+					
4.5						
6.0						

III

$\frac{uv}{x}$	0	1	3	5	7	10
0		-	$\pm$	+		
1.5	-	$\pm$	++			
3.0	$\pm$					
4.5	+					
6.0						

IV

$\frac{uv}{x}$	0	1	3	5	7	10
0		-	$\pm$	+		
1.5	-	$\pm$	++			
3.0	$\pm$					
4.5	+					
6.0						

V

$\frac{uv}{x}$	0	1	3	5	7	10
0		-	$\pm$	++		
1.5	-	$\pm$	++			
3.0	$\pm$					
4.5	+					
6.0						

VI

$\frac{uv}{x}$	0	1	3	5	7	10
0		-	$\pm$	++		
1.5	-	$\pm$	++			
3.0	$\pm$					
4.5	+					
6.0						

clott<sup>[16]</sup>, Guttmann<sup>[17]</sup>, Rochmont<sup>[18]</sup>, Pohle<sup>[19]</sup>, Rost<sup>[20]</sup>等), 相乗作用に就ては論じ難いので單に前記の(+), ( $\pm$ ), (-)から紅斑の境を定めて附加

表 V

	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{\pm}$	$\frac{\pm}{+}$
I	0.97		
	0.93	1.33	
	0.91	1.27	0.92
II	0.60	/	
	1.33 0.50	1.50	0.47
IV	1.04 1.09	1.50	0.47
	1.60		
V	0.75 0.80	1.50	0.47
	0.95	1.33	0.75
	1.00 1.05	1.37	0.80
VI	1.05		

作用に於ける數値的取扱をなす。

實驗結果は表の通りである。表 II は紫外線に次でエツクス線、表 IV は順序を逆にした場合である。この表 II の I に就て例えば紅斑(+)に就ては紫外線のみならば 10 分、エツクス線のみならば 7 分であり併用する場合には

- 1) (紫外線 5 分) + (エツクス線 2 分)
- 2) (紫外線 3 分) + (エツクス線 3 分)
- 3) (紫外線 1 分) + (エツクス線 4 分)

に於て認められる。

之等に就て前記の如く、エツクス線のみの紅斑  $a$  分、紫外線で  $b$  分である時、エツクス線  $x$  分と紫外線  $y$  分を併用して

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} = 1$$

ならば附加性が満足されるわけである。

表 III 及び IV 表はこの結果を示して居る。表 III 及び V はそれぞれ表 II 及び IV の結論である。即ち( $\pm$ )に於ては殆どに近く附加性が認められる如くである。併し(+)と( $\pm$ )との差異は實驗上本質的なものと考えられないし、又照射時間の段階の間隔が相當廣く人為的であるので更にこの結果に幅を持たせて考える必要もある。即ち單獨で(+)を與える照射時間に對し併用の際の( $\pm$ )の照射時間を考える事と逆に單獨で( $\pm$ )に對し併用の際の(+)の關係を考える。之等に就て計算した數値は第 III 表の夫々  $\frac{+}{+}$  又は  $\frac{+}{\pm}$  の例に示されて居る。

之によると前記の  $\frac{+}{+} = 1$  に比し  $\frac{+}{+} < 1$ ,  $\frac{+}{+} > 1$  となるが、これは兩方の限界を與えるわけで眞の數値はこの中間にある譯である。

以上の結果から皮膚に於ては大體附加性が満足されるとも考えられ、ことに特別な増強作用を強

調する事は出來ない。

併しこゝで著者が言いたいのは附加性の當否より、むしろ相互作用の取扱い方であつて、ただ單に漠然と少くともエツクス線と紫外線の場合に増強作用があると云々することが適當でないという點である。