



Title	放射線間接作用の研究(第10報)パラアミノ安息香酸についての實驗
Author(s)	高山, 哲夫
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1956, 16(9), p. 963-970
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18070
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

放射線間接作用の研究（第10報）

パラアミノ安息香酸についての実験

北海道大學醫部放射線醫學教室(主任 若林勝教授)

高 山 哲 夫

(昭和31年8月10日受付)

緒 言

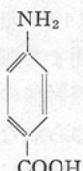
水溶液に放射線を照射した場合、溶媒たる水に生ずる種々なる遊離基をエネルギー擔体と考える¹⁾²⁾³⁾。そして、之によつてエネルギーを與えられた溶質に變化が起る。かくの如く考えれば、直接作用による變化と間接作用による變化を同一機序で解釋し得る。即ち、何れの場合にも溶質にエネルギー吸收があつて、變化が起ると言うことである。

然らば、この溶質にエネルギー吸收があつてから、如何なる機構によつて、溶質に變化が起るかが問題である。即ち、水溶液を照射した場合、エネルギー吸收があつてから、化學的變化として現われるまでの機構である。

著者はこの間の關係を窺わんとして、比較的簡単なる構造をもつパラアミノ安息香酸を用いて實驗を行つた。先ず所謂間接作用の寄與を検討し、late effect 又は after effect の有無を追求し、次いで酸素の役割を検討し、或は照射中の温度の影響を求め、更に直接作用の寄與を検索した。之等の實驗結果より、溶媒にエネルギー吸收があつて起る變化が、如何なる機構によるかを理論的に検討したものである。

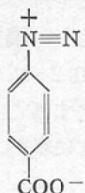
實驗方法

パラアミノ安息香酸(Para-amino-benzoic acid
以下PABAと略す)

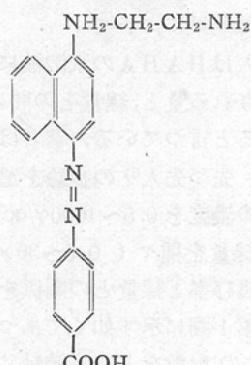


の測定は、Bratton-Marshall 氏法の變法⁴⁾⁵⁾(Naphthylethylenediamine 法)によつた。

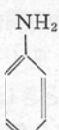
この測定原理は、PABAを亞硝酸ソーダにより、チオ化せしめ、



とし、過剰の亞硝酸ソーダをスルファミン酸アンモンで除去した後、coupling agent としてN-(1-Naphthyl)-Ethylendiamine-Dihydrochloride ($C_{10}H_9HNCH_2CH_2NH_2 \cdot 2HCl$)を加えて發色せるピンク色のアゾ色素



の比色定量法である。即ち、本法はベンゾール核にアミノ基の結合せるアニリン



の定量法である。

試料として、濃度 0.5~1000γ/cc の PABA (和光純薬製) の水溶液を用い、原液 (1mg/cc) は毎週新調し、之よりの稀釋は毎回使用直前に行つた。PABA の測定は、次の如くして行つた。試料 4.0cc に 15% 三塩化醋酸溶液 1.0cc 加え、更に蒸溜水 1.0cc、0.2% 亜硝酸ソーダ溶液 0.5cc を加えて混和、15 分間放置後に 2% スルファミン酸アンモニウム溶液 0.5cc を混合し、3 分間放置する。之に 0.1% N-(1-Naphthyl)-Ethylendiamine-Dihydrochloride 溶液 2.5cc を混合し、発色せしめ、1 時間放置後に島津製光電分光度計で波長 540 mμ の吸光度を測定し、試料の濃度を求めた。

試料についての濃度を知るため、豫め既知濃度の溶液の吸光度を測定し、濃度と吸光度の関係を求めた。その結果、0.2~2.0γ/cc の間では原點を通る直線関係が成立することを知つた。試料の高濃度のものは、適當に稀釋してこの濃度範囲で測定した後換算した。

X 線照射條件は、60kVp, 10mA, 濾過板なし、半價層 1.9mmAl, 焦點試料間距離 10cm, 線強度 338r/min, 線量は 0.5~70×10⁴r, 試料は 2.0cc 用アンプルに封入して照射した。

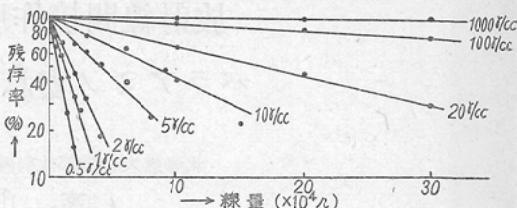
實驗成績

實驗 1：稀釋効果について

既に Peter⁶⁾ は PABA の水溶液について、照射により分解される量と、線量との間には、指數函數的関係があると言つてゐる。著者は以下の實驗の對照として、先づ先人⁶⁾の實驗を追試した。即ち、PABA の濃度を 0.5~1000γ/cc の各種水溶液について、線量を種々 (0.5~30×10⁴r) に變えて照射し、残存率と線量との關係を求めた。

その結果は第 1 圖に示す如くであつた。即ち、縦軸に残存率の對数をとり、横軸に線量をとると、線量の増加と共に、残存率は直線的に減少する。即ち、各濃度の水溶液に於いて、残存率と線量との間には指數函數的関係が成立する。この結果は、先人⁶⁾の成績と良く一致する。PABA 水溶液を X 線照射するときは、PABA は分解され、線量の増加と共に分解量は大となると言うこ

第 1 圖 稀釋効果 (+O₂)



第 1 表 稀釋効果及び Oxygen effect

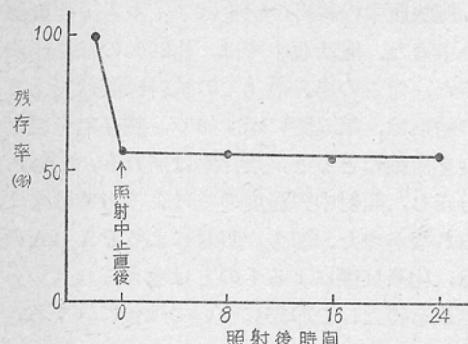
濃度 (γ/cc)	半減線量 (×10 ⁴ r)		-O ₂ /+O ₂ 線量比
	+O ₂	-O ₂	
0.5	0.75	2.0	2.67
1	1.2	2.75	2.29
2	1.75	4.0	2.3
5	4.0	11.5	2.9
10	8.0	30	3.75
20	16	53	3.3
100	70	—	—

とである。今各濃度の試料に於いて、照射前量の半分を分解するに要する線量（半減線量と呼ぶ）で比較するに、第 1 表 2 柱の如くである。即ち、半減線量は試料の濃度が大となるにつれ、大となり、濃度稀薄になるにつれ、小線量で半減する。又 1000γ/cc の水溶液では 30×10⁴r と言う大線量でも、PABA は殆んど分解されないので、0.5 γ/cc と言う稀薄なる場合には、その 1/30 程度の小線量で大部分が分解される。即ち、PABA 水溶液に於て、PABA の分解には間接作用が主役をなすことを物語るものである。

實驗 2 : after effect 或は late effect について

DNA 溶液を X 線照射するに、粘度低下を來すが、それは、照射中止後更に低下度を増すと言う。所謂、after effect とか late effect とかと呼ばれている現象である。かかる現象が PABA に於いても見られるかどうかを追求した。

1γ/cc の溶液に 1×10⁴r 照射後室温に放置し、之より經時的に 24 時間まで測定した。その結果は、第 2 圖に示す如く、照射後の各時間に於ける値には、殆んど變化は認められなかつた。即ち、照射中止後 24 時間までは、照射による影響が更に昂進

第2圖 Aftereffectについて($1\gamma/\text{cc}$, $1 \times 10^4\text{r}$)

すると言うが如き現象は認められなかつた。換言すれば、PABAの分解は、照射中に起り、照射中止後更に分解が起るということはない。after effect 或は late effect はこの場合認められないと言ふことである。

PABAの分解は照射中のみに起り、その度は線量の増大と共に指數函数的に増強し、その際のX線の作用は、主として間接作用によると言うことである。そこで、間接作用に際して、重要な役割をなすと言われる酸素の影響⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾について、次の実験を行つた。

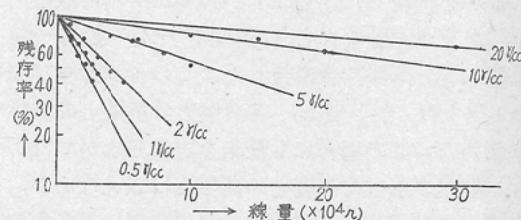
実験3：酸素の影響について

前実験の照射は空氣中で行つたものである。従つて、水溶液は酸素飽和状態にあると考えられる。そこで先ず酸素を除去して照射し、之と比較することにより、酸素の影響を検討した。

A) 無酸素状態の場合

試料を小試験管に入れ、之を真空ポンプに連結、5分間振盪しつゝ、溶液中のガスを除去した後、小試験管を氣密に封じた。この場合、酸素の定量は行なわかつたが、恐らく溶液中には、酸素は殆んど存在しないと考えられる。試料の濃度 $0.5\sim 20\gamma/\text{cc}$ の各種について、前同様なる実験を行つた。

その結果は、第3圖に示す如く、残存率の対数と線量との間に、各種濃度に於いて、直線關係が得られた。照射によるPABAの分解は、酸素の存否にかゝわらず行われる。又分解量は、線量の増加と共に指數函数的に大となる。今各種濃度に於ける半減線量を比較するに、第1表第3柱の

第3圖 稀釈効果($-O_2$)

如くである。即ち、半減線量は、試料の濃度の低下と共に小となる。換言すれば、水溶液中の酸素の存在しない場合にも、間接作用が認められると言ふことである。

さて、この結果を前実験と比較するに、各濃度に於ける直線の傾斜が異なる。第1圖及び第3圖に於いて、同一濃度の直線を比較するに、何れも酸素除去の方が、その傾斜が大となる。之を又半減線量で比較するに、第1表第4柱に見る如く、何れの濃度に於いても、酸素除去の場合は、酸素の存在するものより、2~3倍の線量を要する。

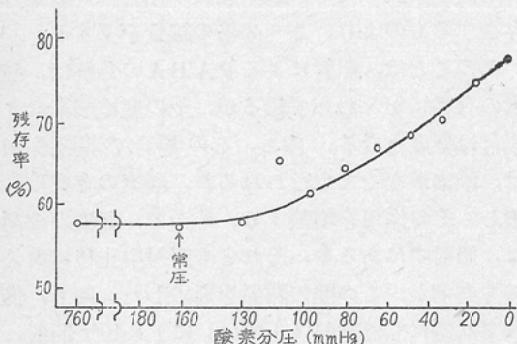
このことは、照射によるPABAの分解は、酸素の存否にかゝわらず起るが、その度は酸素なき場合は軽度となる。即ち、この場合の間接作用は、酸素がなくても行われるが、酸素の存在は、著しくその作用を増強する。そこで、酸素の役割は、照射中にあるや、それとも照射中止後に與えて有効か。この間の關係を追求した。即ち、無酸素状態にした試料($1\gamma/\text{cc}$)に $1 \times 10^4\text{r}$ 照射、照射中止後試料に酸素(空氣)を入れ、良く振盪し、室温に24時間放置後に測定した。その結果は残存率76%で、無酸素状態にして照射後、そのまま24時間放置したものと77.2%との間には、有意の差は認められなかつた。即ち、照射後酸素を與えたのでは有効でない。従つて、酸素の役割は、照射中に演ぜられると言ふことである。そこで、酸素の關與がどの程度であるか追求するために、次の実験を行つた。

B) 酸素分圧との關係

溶液中の酸素分圧と照射効果については、Bonnet-Maury, Barron, Ebert等⁸⁾¹¹⁾¹²⁾の実験がある。著者も其等にならひ、PABA水溶液中の酸素分圧を階段的(760mmHg→0.63mmHg)に變

化せしめたる場合、PABAの分解量がどう變化するかを検討した。即ち、 $1\gamma/\text{cc}$ の水溶液を用い、之を小試験管にとり、真空ポンプに連結、一定氣圧に5分間保持後密封した。この各試験管に夫々 $1 \times 10^4\text{r}$ を照射し、各分圧と分解量との関係を求めた。この場合にも酸素を定量しなかつたから、酸素の正確な濃度との関係とは云えないが、溶液中の酸素分圧の變化との関係は窺い得るものと考える。その結果は第4圖の如くであつた。即ち、 760mmHg から 160mmHg (常圧) までは分圧の變化による影響は認められない。即ち、酸素飽和の場合と同様な PABA の分解が見られる。然るに、 160mmHg より低圧になるにつれ、分圧の低下と共に、殆んど直線的に分解量が減ずる。即ち、酸素濃度の影響は分圧 140mmHg 以下に於いて顯著である。

第4圖 酸素濃度による影響 ($1\gamma/\text{cc}$, $1 \times 10^4\text{r}$)



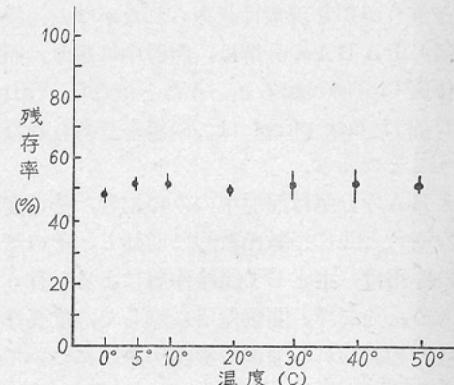
実験4：温度の影響について

水溶液を照射する時は、溶媒たる水に生じた種々なる生成物が、溶質に作用する場合がある¹³⁾。従つて、この場合は生成物が溶質に作用するのは、化學的に行われる譯である。又この反應は、化學的に行われる所以あるから、温度に影響される。このPABAの分解も、かかる機序で行われるとすれば、矢張り、温度に影響される筈である。この點を確めるために本實験を行つた。

PABAの照射による分解は照射中にのみ起るのであるから、(實験2)照射時の試料の温度を變化して、その間の關係を窺つた。 $1\gamma/\text{cc}$ の濃度の試料を魔法瓶に入れ、 0° , 5° , 10° , 20° , 30° ,

40° , 50°C と種々の温度に保ち、 $1 \times 10^4\text{r}$ 照射した。魔法瓶中の試料の線量はフィルム黒化度法により求めた。魔法瓶中では、約20%の散亂附加があつた。尙この場合の 0°C の試料は液状である。その結果は、第5圖に示す如く、残存率を縦軸に温度を横軸にとると、残存率は何れも、50%附近に分布し、照射中の温度の差による影響は全く認められなかつた。即ち、照射によるPABAの分解は、化學反應によるものとは考えられないと言う結果を得た。この點については後に論ずる。

第5圖 溫度による影響 ($1\gamma/\text{cc}$, $1.2 \times 10^4\text{r}$)

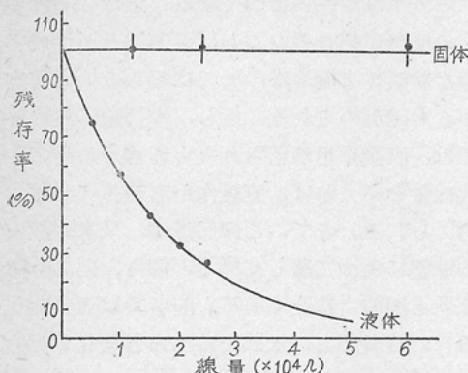


実験5：冰状のPABAへの作用

水を照射して生ずる H_2O_2 の量は水の温度が液状で、 0°C の場合と、同じ 0°C でも冰状となつた場合では、著しく生成量が減少する⁸⁾ことが知られている。PABAの場合にも、かかる現象があるかどうかを検討した。

$1\gamma/\text{cc}$ の濃度の試料を魔法瓶中で、寒剤によつて冰状として、之に $1.2 \sim 6 \times 10^4\text{r}$ の各線量を照射し、之と室温で照射した前實験(實験4)と比較した。その結果は、第6圖に示す如くであつた。即ち、液状で照射した場合には、PABAの残存率と線量との間には、指數函数的関係があるに、冰状で照射したこの場合は、照射による影響は全く認められなかつた。即ち、冰状で照射する時は、PABAの分解が少なくとも、この程度の線量では、殆んど起らないと言ふことである。PABAの水溶液が 0°C で液状の場合は照射による分解が充分行われるに、之が冰状になることに

第6圖 0°Cで照射した場合



より、殆んど分解が起らることは、興味ある事實であつた。次に、この際直接作用が、どの程度に關與するかを知るために、次の實驗を行つた。

實驗6：有機溶媒による實驗

水溶液に於いては、濃度を非常に大とした場合に起る變化は主として直接作用と考えてよい¹³⁾。著者の場合（第1圖参照）100γ/cc では照射による分解は 3×10^5 r で僅かに 20% の變化をみるに過ぎず、1000γ/cc と更に濃度を大とする時は、同線量で殆んど分解が起らない。（實驗1）之は、直接作用の寄與が非常に少ないと言うことであるが、更に之を確めるために、有機溶媒に PABA を溶かした試料について實驗を行つた。

PABA をアセトン、エチルアルコール、エチルエーテル等の有機溶媒を用い、1γ/cc の濃度とし、之に 1×10^4 r 照射した。その結果は第2表の如く、同濃度の水溶液の際には、56.9% の殘存率を示す線量なるに、有機溶媒使用の際には、何れの場合にも全く變化が認められなかつた。即ち、有機溶媒中では PABA は X 線照射により分

第2表 溶媒による影響 (1γ/cc, 1×10^4 r)

溶 媒		減少率
水		43.1%
アセトン		0 %
エチルアルコール		0 %
エチルエーテル		0 %

解されない。換言すれば、この程度の線量では、直接作用の寄與は殆んど認められないと言うことである。

總括並びに考接

PABA 水溶液を X 線照射する時は、PABA の濃度の減少を來す。即ち、PABA の分解が起る。之は測定法がアニリンの定量によつていることから見て、NH₂ 基に變化を起したものと思われるが、之が直ちに、脱アミノ基反応であるかどうかは更に検討の要がある。兎に角、この照射による PABA の減少度は、線量の増大と共に、指數函數的に增加する。このことは、Peter⁶⁾ の結果と同様である。

次に濃度との關係をみると、稀釋度が大となるにつれ、PABA の照射による減少度が大となる。即ち、明らかに、稀釋効果が認められる。濃度が 100γ/cc 以上では、 3×10^5 r と言う大線量でも、殆んど PABA の減少が認められないこと、及び、有機溶媒中では全く PABA の減少が見られないこと等の事實から見て、稀薄溶液に於ける PABA の減少には、間接作用が主役をなすものである。Wilson, Ellinwood, Coan¹⁴⁾ 等は Epinephrine の水溶液について、著者と同様なる結果を得ている。

間接作用には、溶液中の酸素が重要な役割をなす⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾ ことは、良く知られた事實である。教室の湊¹⁵⁾も X 線照射時の赤血球溶血現象について、酸素効果を報告している。そこで酸素濃度との關係を見るに、稀釋効果は、無酸素状態に於いても明らかに認められた。之を酸素飽和状態に於ける實驗と比較するに、どの濃度に於いても、照射により 50% 減少せしめるに要する線量は、無酸素状態のものでは、酸素飽和の場合の 2~3 倍の線量を要する。即ち、Oxygen effect¹⁶⁾ が明らかに認められる。この線量の差は濃度が大となるにつれ、急激に増大する。即ち、濃度が大となるにつれ、酸素の役割が大きくなる。この酸素の存在意義は、照射中にあり、照射中止後與えても、變化には與らない。

次に酸素分壓と PABA 減少度との關係を見る

に、 140mmHg 以下に於いてのみ、比例的關係が成立する。 140mmHg 以上の分壓では、分壓の増大に無關係である。之は PABA 分解に要する遊離基の發生に對して、酸素は飽和狀態にあると見ることが出来る。

本現象は照射中のみに起り、又酸素の意義も照射中のみに有ることから、照射によつて生ずる遊離基が重要な役割をなすことが窺える。酸素の存在下では、照射によつて生ずる遊離基は、 OH , HO_2 , $\text{O}_2\text{H}_2\text{O}_2$ 等で、無酸素の下では、 $\text{H}_2\text{OH}^{10,17}$ である。従つて、兩狀態に於いて生ずる遊離量の總エネルギーが量的に異なる。

酸素の存在する場合には、PABA 分子に與えられるエネルギー量が大で、酸素なき狀態では與えられるエネルギー量が小である。かく考えれば、兩狀態に於て、同じ減少度を生ぜしめるためには、無酸素狀態では大なる線量を必要とすることが理解出来る。遊離基と分子との化學的反應によつて起る變化としては解釋出来ない。

かくの如く、本現象を物理的なるものとして取扱うことは、照射中のみに起る現象が、照射時の温度に無關係であると言う事實からも當然であろう。

若林^{2,3,9}によれば、一般に化學物質が照射によつて變化を起す過程は、次の如く解せられると言う。分子に直接的に、或は間接的に、即ち、遊離基によつてエネルギーが與えられると、そのエネルギーは、分子全体にエネルギーの損失なしに擴がり、分子間結合の弱い部分、或は與えられたエネルギーレベルと同程度の分子間結合をもつ結合が切斷される。従つて、この過程は物理的なるものである。(若林の作業假説²)

著者の實驗に於いて、この反應は照射時の温度に無關係のことから、物理的に起ると考えざるを得ない。この實驗事實は上記の若林の作業假説を強く支持するものである。

又照射によつて生ずる種々なる遊離基が、化學的にアミノ基と反應するのではなく、遊離基は、エネルギー擔体^{1,2,3}として働くと考える考え方も妥當であろう。

兎に角、照射によるこの反應は、間接的に與え

られるエネルギーによつて起ることは、高濃度ではこの反應が起り難いこと、又游離基が生成しない様な狀態(有機溶媒中)では起らないと言うことからも確かめられる。但し、本實驗に於ける線量では、直接作用が見られないと言うことで、更に大線量を與えれば、直接作用も起ることは、當然考えられる。さて、この反應は、又水溶液の物理的狀態によつて著しく異なる。即ち、同じ 0°C でも液狀と固體では全く異なる。前者では充分變化が起るに、後者即ち、冰状では殆んど變化が起らない。この事實に對する解釋は、これ丈の實驗からは困難であるが、Bonét-Maury⁸ も照射によつて水から生ずる H_2O_2 について、同様なる結果を得ている。この機序についての議論は他日にゆする。

以上要するに、PABA 水溶液の照射による濃度減少は、ベンゾール核につくアミノ基の變化による。この變化は放射線の直接作用によると言うよりは、主として、間接作用によつて惹起されるものである。然して、照射中に起るこの變化は照射時の温度に無關係に一定の變化を來すことから、遊離基と化學的に反應するのではなく、純物理的に起る現象である。遊離基を分子へのエネルギー擔体とし、之によつてエネルギーを與えられた分子は動起される。その結果として、アミノ基に變化を來すと考えることが出来る。

結 論

パラアミノ安息香酸の X 線照射によるアミノ基の變化を示標として、間接作用の機序を検討し、次の如き結果を得た。

- 1) 種々な濃度($0.5 \sim 1000\gamma/\text{cc}$)の水溶液に於いて、パラアミノ安息香酸の變化量と線量との間には、指數函數的關係が成立する。
- 2) 同一變化を起すに要する線量は、濃度の增加と共に大となる。即ち、明らかに稀釋効果が認められる。
- 3) 酸素除去(0.63mmHg)の場合にも、パラアミノ安息香酸の變化量と線量との間には、指數函數的關係が成立し、又稀釋効果が認められる。
- 4) 同一濃度に於いて、同一効果をあらわすには、酸素除去(0.63mmHg)の場合は、酸素飽和の場合に比し、約 $2 \sim 3$ 倍の線量を要する。又

酸素分圧が、760mmHg より、160mmHg(常圧)までは酸素分圧の差による影響は認められないが、160mmHg より小となるに従い、變化量は著明に減少する。即ち、Oxygen effect が明らかに認められる。又酸素の役割は照射中のみに演ぜられる。

5) 照射によるパラアミノ安息香酸の變化は、照射中のみに起り、after effect 又は late effect は認められない。

6) 照射時の温度の差(0°C~50°C)による影響は認められない。Temperature effect は認められない。即ち、照射によるパラアミノ安息香酸の變化は物理的に起るものである。

7) 0°Cに於いては、液状の場合には、照射による變化が起るに、冰状にする時は、照射による効果は全く認められない。

8) アセトン、エチルアルコール、エチルエーテル等の有機溶媒中では、パラアミノ安息香酸の照射による効果は全く認められない。

即ち、パラアミノ安息香酸の照射による變化は専ら間接作用による。

(擇筆するに當り、種々御教示戴いた河村助教授、並びに御討論戴いた札幌醫大牟田教授に深甚なる感謝を捧げると共に、種々御助力戴いた教室員各位に深謝します。

本論文要旨は昭和31年4月第15回日本醫學放射線學會總會に於いて發表した。)

文 獻

- 1) J.J. Nickson, ed.; "Symposium on Radiobiology," J. Wiley and Sons, New York, (1952). —2) 若林; 日本醫學新報, 1579號, (昭29). —3) M. Wakabayashi and F. Kawamura; Monogr. Res. Inst. Appl. Elec., 5, 91(1955). —4) A.C. Bratton and E.K. Marshall; J. Biol. Chem., 128, 537 (1939). —5) 齊藤; 光電比色計による臨床化學検査, 南山堂, 東京, (昭28). —6) G.M. Peter and I.C.C. Tchaperoff; Science, 113, 549(1951). —7) B. Taylor, J.P. Greenstein and A. Hollaender; Arch. Biochem., 16, 19 (1948). —8) P. Bonét-Maury; Brit. J. Radiol. 24, 284(1951). —9) M. Wakabayashi, F. Kawamura and J. Okidate; Jap. Jour. Physiol., 5, Suppl., Feb., 382 (1956). —10) M. Errera et A. Herve; Mécanismes De L'action Biologique Des Radiations, Paris. —11) E.S.G. Barron; Rad. Res., 1, 109(1954). —12) M. Ebert; "Radiobiology Symposium," (Z. M. Bacq and P. Alexander ed.,) Butterworths scientific Pub., London, 30(1954). —13) 若林, 河村; 日醫放誌, 第13卷, 第5號(昭28). —14) J.E. Wilson, L.E. Ellinwood and J. M. Coan; Proc. Soci. Exper. Biol. and Med., 87, 131(1954). —15) 渡; 日醫放誌, 第14卷, 第4號(昭31). —16) H. Laser; Nature, 174, 753 (1954). —17) D.E. Lea; "Actions of Radiations on Living Cells", 2nd ed., Cambridge University Press, London (1955).

Studies of Indirect Action of Radiation (10th Report)

Experiments on Para Amino Benzoic Acid

By

Tetsuo Takayama

Director: Prof. M. Wakabayashi

Department of Radiology, Medical school, Hokkaido University

On Para Amino Benzoic Acid were studied various factors of the "Indirect action" of radiation. Para Amino Benzoic Acid unchanged by X-ray irradiation was measured by means of the modified Bratton-Marshall's test. The concentrations of the samples used in the experiment were 0.5 γ/cc~1000γ/cc. Irradiation was done under the conditions of 60 kVp, 10 mA, no filter, 338 r/min and the irradiated doses ranging from 1×10^4 r to 30×10^4 r.

The results obtained were as follows;

- 1) The concentration of the Para Amino Benzoic Acid in aqueous solution showed the exponential decrease according to the increase of doses irradiated.
- 2) The half decrease dose was reduced according to the decrease of the concentration of Para Amino Benzoic Acid.
As, the "dilution effect" was observed in the experiments.
- 3) The radiation effect was reduced according to the decrease of Oxygen concentration dissolved in the solution. The "Oxygen effect" was observed in this case.
- 4) Decomposition of Para Amino Benzoic Acid is caused only during irradiation. Neither late effect nor after effect was observed.
- 5) The radiation effect was not dependent upon the temperature ($0^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$) during irradiation.
- 6) Little radiation effect was obtained either in frozen state of aqueous solution or by the use of some organic compounds as the solvent.

Therefore, the decomposition of Para Amino Benzoic Acid by radiation is chiefly caused by "indirect action" and the changes of Para Amino Benzoic Acid in aqueous solution were apparently caused by not chemical but physical processes because there are no relationships between the effectiveness and temperature during irradiation.
