

Title	放射線照射効果についてのモデル実験
Author(s)	浅井, 卓夫
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1967, 26(12), p. 1594-1597
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/15016">https://hdl.handle.net/11094/15016</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

## 放射線照射効果についてのモデル実験

大阪府立放射線中央研究所

浅井卓夫

(昭和41年7月30日受付)

## Model Experiments on the Radiation Effects

by

Takjo Asai

Radiation Center of Osaka Prefecture

## Experiment 1.

In this experiment the influences of solid material components to the surrounding water were tested.

A system composed with solid material (*Pinctada maxima* shell) and water was irradiated by  $^{60}\text{Co}$  gamma-ray. The fragments of *Pinctada maxima* shell of 10 grams in distilled water of 10 cc were irradiated to total dose of  $1 \times 10^7$  r at room temperature. After irradiation, the water was filtered and its drop of 0.5 cc was put on a small piece of filter paper and dried. The filter paper was activated with original shell fragment of 40 milligrams. The neutron irradiation was performed by the Kyoto University Reactor, at the neutron flux of  $4 \times 10^{12}$  n/cm<sup>2</sup>. sec., during 20 minutes. The gamma-rays from these samples were measured by  $3 \times 3''$  NaI and 512 PHA. The measured gamma-rays for these samples are shown in Fig. 1. The gamma-ray spectra are the same for the original shell fragment and for the water.

Thus, the components of solid material irradiated, rather faithfully, move into the surrounding water.

## Experiment 2.

In this experiment the influences of the concentration of solution upon contacting insoluble material.

A system composed with water solution ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  water solution in varied concentration) and liquid which is not miscible with water (nonbreak soybean oil-yellowish brown and transparent) was irradiated by  $^{60}\text{Co}$  gamma-ray. 5cc of nonbreak soybean oil was floated on  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  water solution of 5 cc in small glass test tube. The  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  concentration of solution were  $10^{-1}$  Mol,  $10^{-2}$  Mol,  $10^{-3}$  Mol and  $10^{-4}$  Mol. These groups were irradiated to total dose of  $1 \times 10^4$  r,  $1 \times 10^5$  r,  $1 \times 10^6$  r and  $1 \times 10^7$  r. For the estimation of radiation effects on oil, measurement of color change was adopted. For this purpose, transmittance in 500 m $\mu$  were measured by electrophotometer under settling the transmittance value of not irradiated nonbreak soybean oil as 100. Results obtained are shown in Tab. 1.

Thus, the radiation effects on the liquid which is not miscible with contacting water solution depend on the concentration of water solution, and moreover, there is an optimum concentration.

These two experiments reveal us followings, that is;

Though water or water solution plays the leading part for the indirect action of radiation, it is not one way reaction—from water or water solution to the other materials—but dynamically mutual, through the movement of components of contacting materials to water and changes of concentration caused by it.

## 1. 結論

放射線の生物学的作用機構は、現在のところ、次のように考えられているようである。すなわち、放射線をうけた組織あるいは細胞内において、放射線エネルギーが直接にその成分に吸収されてイオン化を生ずることによる直接作用、細胞の主成分たる水分子が、放射線によつて分解して遊離基を生じ、これが細胞成分に作用する間接作用、この直接作用と間接作用とを併せて一次的作用とする。さらに一次的作用の結果として生じた代謝産物などによつて、放射線を受けなかつた組織あるいは細胞にもおこる効果や、あるいはまた一次的作用による生体諸器官のあいだのアンバランスの結果などを二次的作用として総括する。この一次的作用および二次的作用が組合されて、生体に対する放射線の作用としてあらはれてくるものとされている。<sup>12-5)</sup>

而して間接作用は放射線が溶媒分子に作用し、活性化されて溶質分子に反応して、それに變化を惹起する作用であるとされており、従つて厳密に言えば、放射線の飛行にごくちかい、遊離基の作用しうる距離内でおこるもののみを指すことになる。また直接作用も、上記の間接作用を除外するためには、完全に乾燥し且つ純粋な物質にのみ認められるものと言はなければならない。ただ実際上は、直接作用を呈する物質を限定することは困難であり、また間接作用も、ひろく水から生成された遊離基の拡散による作用という他はあるまい。

生体組織は、水溶液のみから成り立っているわけのものでもなく、非水溶性の物質—固体や疎水性の液体も、さらには気体もが、相混じり、たがいに相接して存在している。また水溶液についても、その組成にも濃度に於ても、ある程度の差がそれぞれ有るであろう。そしてこれらの物質は放射線照射をうけることによつて、個々にもそれぞれ變化するほかに、その變化が他にも影響して變化の質、量を規定しあうことも考慮しなければならない。放射線物性論的研究、あるいは液相における放射線化学の進歩の結果、固体そのもの、あるいは溶液の性状變化についての知識は、生体に

対する放射線作用の理解をある程度は進展させた。しかし、二相以上の共存する系における効果については、なほ充分な知見を提供するに至つておらず、まして生体のごとき複雑な系における放射線照射効果を解明するための助けなるには程遠いものがある。

このような現状にかんがみ、固、液相、および液、液相の放射線照射のもとにおける相互の関係、さらには溶液濃度の影響について、若干のモデル実験を行った。

## 2. 実験 I.

固体と水とより成る系に放射線を照射したとき、相互にどのような関係を示すか、ということについて試みたものである。

固体としては、オーストリア産シロチヨウガイ (*Pinctada maxima*) の殻片を、水は通常の1回蒸溜水を用いた。貝殻の片は充分に乾燥されたもので、実際上は非水溶性、非含水性の固体と考えてよいであろう。成分的には勿論純粋ではない。

この殻片10gを数コの小片とし、ガラス製試験管に入れ、水10ccを加え、常温、常圧の下に、静止のまゝにて<sup>60</sup>Co  $\gamma$ 線を以て $1 \times 10^7$  rの照射を行った。そのうち、この水を濾紙にて濾過し、その0.5ccを濾紙片にしみこませて乾燥した。

次に、この濾紙片と、40mgのシロチヨウガイ殻片1コとを同時に、京都大学原子炉実験所の原子炉により、 $4 \times 10^{12}$  n/cm<sup>2</sup>. sec. の中性子照射を20分間行つた。これらについて、 $3 \times 3$ '' NaI と 512 チャンネル波高分析器を以て $\gamma$ 線スペクトルを測定した。

結果は Fig. 1 に示すごとくであつて、両者の $\gamma$ 線スペクトルはきはめてよく一致した。この事實は、 $\gamma$ 線の照射により固体の成分はよく液体に移行し、更に言えば固体はその成分の一部を失い、液体は濃度を変じていることを示している。

又、別に、初めにシロチヨウガイ殻片を上記と同様の条件で放射作しておき、之を水に浸漬して、<sup>60</sup>Co  $\gamma$ 線  $1.5 \times 10^7$  r を照射し、殻片の $\gamma$ 線スペクトルと水のそれとを比較しても両者は全く一致した。さらに、固体材料を毛髪として同様の

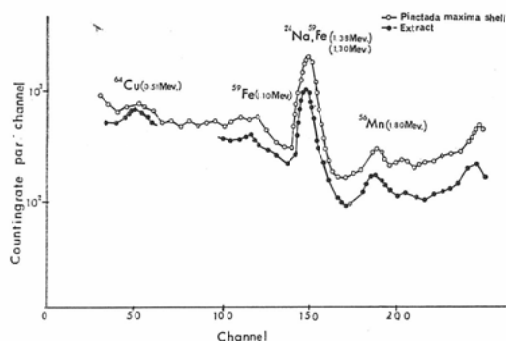


Fig. 1. Gamma ray spectra of *Pinctada maxima* shell and its extract.

結果が得られた。

### 3. 実験 II.

疎水性の液体と水溶液とより成る系に放射線を照射したとき、相互にどのような関係を示すか、ということについて試みたものである。

疎水性の液体としては、大豆脱酸油を、水溶液としては各種濃度の重クロム酸カリ ( $K_2Cr_2O_7$ ) 水溶液を用いた。大豆脱酸油は、原料より抽出したのち脱酸過程のみを経た中間材料であり、これを更に脱色、脱臭して食用油とするもので、黄褐色、中等度粘稠な液体で水とよく分離する。實際上、疎水性液体のモデルとしてよいであろう。重クロム酸カリ水溶液は、市販の試薬一級重クロム酸カリを1回蒸溜水に、 $10^{-1}$ モル、 $10^{-2}$ モル、 $10^{-3}$ モル、 $10^{-4}$ モルになるように溶解した。

サンプルは、

大豆脱酸油、5 cc.

大豆脱酸油 5 ccを $10cc^{-1}$ モル重クロム酸カリ水溶液 5 ccに重畳したもの。

大豆脱酸油 5 ccを $10cc^{-2}$ モル重クロム酸カリ水溶液 5 ccに重畳したもの。

大豆脱酸油 5 ccを $10^{-3}$ モル重クロム酸カリ水溶液 5 ccに重畳したもの。

大豆脱酸油 5 ccを $10^{-4}$ モル重クロム酸カリ水溶液 5 ccに重畳したもの。

を以て一組とした。これらは、内径約 1.2cm、容積約20ccのガラス製小試験管に入れたので、液の高さは5 ccごとに約 3.5cmで、油と水溶液はほぼ 1.1平方cmの接触面を持つことになる。

これらの四つの組を、常温、常圧、静止状態に於て、 $^{60}Co$   $\gamma$ 線を用いて、夫々 $1 \times 10^4 r$ 、 $1 \times 10^5 r$ 、 $1 \times 10^6 r$ 、 $1 \times 10^7 r$ の照射を行い、大豆脱酸油の色度変化を、分光々度計により 500 m $\mu$ における透過率を、対照非照射の大豆脱酸油のそれを 100とした比率で測定算出した。線量率は各線量ごとに異なるが、経験上ある程度の範囲内ではその影響は認められない。又、一般に油を照射した場合の色度変化は、そのあとでなんらかの処理——例え、吸着や蒸溜など——を加えないと、徐々に復色し、一方にはまた、水または水溶液に重畳して照射した油は2~3カ月に降次第に硬化して遂には全く流動性を失うに至るものであるが、照射後短時間内に測定すれば、これらの現象は全く無視してよい。このようにして測定した結果は Tab. 1 に示すごとくである。

これにみるように、照射された大豆脱酸油は、

Tab. 1 Color change of irradiated nonbreak soybeanoil, soybeanoil alone and floated on  $K_2Cr_2O_7$  water solution of various concentration. Transmittance of 500m $\mu$  were measured under settling the transmittance value of not irradiated nonbreak soybeanoil as 100

Radiation Dose	Nonbreak Soybeanoil (5cc) only	Nonbreak Soybeanoil (5 cc) floated on			
		$10^{-1}$ Mol $K_2Cr_2O_7$ Water Solution (5 cc)	$10^{-2}$ Mol $K_2Cr_2O_7$ Water Solution (5 cc)	$10^{-3}$ Mol $K_2Cr_2O_7$ Water Solution (5 cc)	$10^{-4}$ Mol $K_2Cr_2O_7$ Water Solution (5 cc)
$1 \times 10^4 r$	100	100	100	100	100
$1 \times 10^5 r$	120	120	120	124	120
$1 \times 10^6 r$	164	164	164	173	173
$1 \times 10^7 r$	1,400	1,375	1,463	1,475	1,425

$1 \times 10^5$  r 以上の線量に於て色度の変化を認め、線量を増すに於て著明となる。又、油のみを照射したのものより、一般に重クロム酸カリ水溶液に重畳したもので、変化はより明らかであるが、その際にも重クロム酸カリ濃度によつても差異があり、ほぼ $10^{-3}$ モル辺りにおいて最もよく変化しているようである。

#### 4. 総括ならびに考按

実験Ⅰにおいては、固体と水とより成る系について放射線照射を行うことにより、固体の成分元素が忠実に水に移行していること、およびこれにつれて水の濃度も変化することが考えられた。このような、固体成分元素の忠実な移行ということは、当然ながら一方にはその固体の成分の溶解度、他方このような分析方法で立証するためには、中性子照射の程度および検出の精度とに左右されることであつて、本実験のようによく両者が一致することは必ずしも一般的ではないが、また一面には、ここにとりあげたように貝殻、毛髪といったような生体組織としては“硬い”ほうに属する物についての結果からみても、生体構成物質について必ずしも起り得ない事象でもないであろう。

一般に水中にある物質から、その成分が多少とも水に移行すること、放射線照射によつてその程度が増すことは容易に考えられることである。高松<sup>6)</sup>は、水中でポリ塩化ビニル粉末を照射し、水中に遊離した塩素イオンを定量して、その量の多少がよく照射線量と平行することをみている。本実験のように、固体成分が平行的に水に移行していることを立証した例は少いようではあるが、ここに考えたいのは、そのような分析結果そのものではなく、固体成分がかなり忠実に水に移行し、ために水の濃度を左右する可能性が有るといふ事実である。

実験Ⅱにおいては、疎水性の液体と各種の濃度の水溶液とより成る系について放射線照射を行うことにより、疎水性の液体に対する水溶液の影響の存在すること、とくに水溶液濃度について選択性のあることが考えられた。ある範囲内の水溶液については、その放射線照射にたいして稀釈効果

なるものが認められている。また、Franck および Platzman<sup>7)</sup> は、Barro の private communication として、“或る種の生体物質を海水中に浮遊して高エネルギー放射線照射を行うと、純水中においてするよりも感受性が大きい”としている。これらの事実は一般的には本実験の結果と背馳するものではないが、本実験においては疎水性液体について、これに接する水溶液の濃度に選択性を示した事実が特異的である。この場合には濃度、 $10^{-3}$ モルの辺りにピークが認められたが、このようなピークは設定せられる系ごとに当然ことなるであらう。

以上、二つの実験を通じて考えられるところは、次のようなものであらう。すなわち、

生体のような複雑な構成体における放射線の間接作用は、主として水溶液を介して行われるであらうが、決して一方通行的なものではなく、又さらに直線的なものでもなく相互影響的かつ或る程度は選択的でもある。

#### 5. 結論

固体と水、疎水性の液体と水溶液の二つの系について、放射線照射効果の機構考察を目的とするモデル実験を行った。

放射線の間接作用は、これらの中に相互影響的かつ或る程度は選択的に起こるものと推論された。

#### 文 献

- 1) Z.M. Bacq and Peter Alexander: Fundamentals of Radiobiology Pergamon Press (Oxford, London, New York, Paris) 1961.
- 2) Maurice Errera et al.: Mechanismus in Radiobiology Vol. 1 Academic Press (New York and London) 1961.
- 3) Alexander Hollaender; Radiation Biology, Vol. 1, Part 1 McGraw Hill Book Company (New York and London) 1, 1, 1954.
- 4) 本城市次郎, 崔英哲: 基礎放射線生物学, 南江堂(東京), 1966.
- 5) 松平寛通: “放射線の生化学” 生化学講座 13, 共立出版株式会社(東京), 1963.
- 6) 高松俊昭: ポリ塩化ビニルの水中照射, 高分子, Vol. 11, 237—245頁, 1962.
- 7) James Frank and Robert Platzman; “Physical Principles Underlying Photochemical, Radiation-Chemical and Radiobiological Reactions.” in 3., p. 245.