

Title	放射線の作用機構に関する基礎研究6(鐵・セリウム混合液に及ぼす放射線の影響)
Author(s)	松澤, 秀夫
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1956, 16(8), p. 831-834
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17539
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

放射線の作用機構に関する基礎研究 6

(鐵・セリウム混合液に及ぼす放射線の影響)

群馬大學放射線科(主任 戸部龍夫)

松澤秀夫

(昭和31年6月21日受付)

I 緒言

放射線生物學の基礎となる放射線化學の研究は最近著るしく進歩した。即ち、Fricke¹⁾、Lea²⁾、Weiss³⁾等は Fe^{2+}/Fe^{3+} 、 Ce^{3+}/Ce^{4+} 、 Cu^+/Cu^{2+} 等を材料として放射線の作用機構に関する幾多の業績を挙げ、放射線による電離並びに勵起に續いて起る基礎的變化は酸化・還元反應である事を明示した。著者も、特に放射線酸化を受け易い Fe^{2+} を用い其の酸化機構の検討及び化學的線量測定を試み、既に第1編として報告した⁴⁾。

今回は鐵イオンと同様に放射線の作用を蒙り易い(但し Fe^{2+} 程度に著明ではない)セリウムイオンを鐵イオン溶液中に混入し、鐵イオン收量の變化から放射線の作用機構を検討すべく以下の實驗を行つた。之は放射線傷害の化學的防禦にも關連する。

II 實驗方法

1) Fe^{2+} —前報同様 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (硫酸第1鐵)を用い $1/300M$ 及び $1/3000$ 水溶液とする。

Fe^{3+} — $FeCl_3$ (鹽化第2鐵)を用い $2 \cdot 10^{-2}M$ 及び $2 \cdot 10^{-4}$ 水溶液とする。

2) 混入するセリウムイオンの最終濃度は Ce^{3+} — $Ce_2(SO_4)_3 \cdot 8H_2O$ (硫酸第1セリウム)を用い $2 \cdot 10^{-4}M$ 、 $2 \cdot 10^{-6}M$ 、及び $2 \cdot 10^{-8}M$ とする。

Ce^{4+} — $Ce(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$ (硫酸第2セリウム)を用い $3 \cdot 10^{-5}$ 、 $3 \cdot 10^{-6}$ 、 $3 \cdot 10^{-8}M$ とする。

3) 混合溶液のpHは總て1.8である(前報同様)。混合の割合は第1表に示す。

4) 照射條件は150 KVP, 3 mA, 濾過板な

第1表

Fe^{2+}		Fe^{3+}	
$3.3 \cdot 10^{-3}$	$3.3 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-4}$
Ce^{3+}	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-8}$
Ce^{4+}	—————		
Ce^{3+}	—————		
Ce^{4+}	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-8}$

(Mol 濃度)

し、127r/分、5000., r' 照射である。

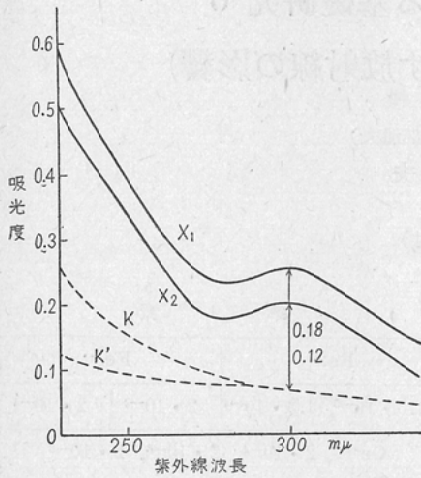
5) 前報⁴⁾に示す如く、 Fe^{3+} は $300m\mu$ 附近に小さな極大を持つ紫外線吸収の特性がある。従つて此の吸収曲線の變化を分光光度計で測定し鐵イオンの消長を知り得る。

6) セリウムイオンも鐵イオンと同様 $350m\mu$ 以下の紫外線に對し吸収特性がある。 $10^{-3}M$, pH = 1.8の Ce^{3+} 、 Ce^{4+} 水溶液に⁴⁾と同様の條件で $2 \cdot 10^4$ “r”照射し吸光度の變化を併せ測定した。

III 實驗結果

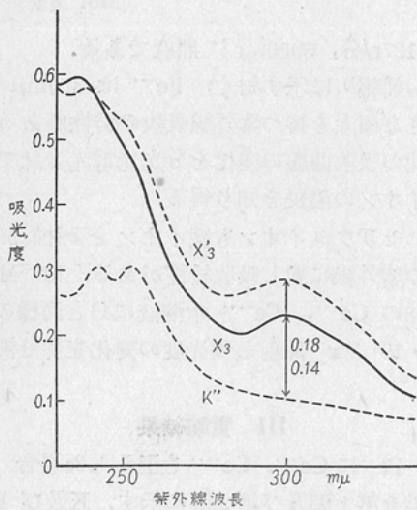
1) Fe^{2+} に Ce^{3+} 、 Ce^{4+} を混入した場合結果を第1圖及び第2圖に示す。K及びK'は Fe^{2+} が $1/300$ 及び $1/3000M$ の非照射(勿論 Ce イオンは混入している)の曲線である。X₁は Ce^{3+} が $2 \cdot 10^{-8}M$ 、 Ce^{4+} が夫々 $3 \cdot 10^{-5}M$ 、 $3 \cdot 10^{-8}M$ 、 $3 \cdot 10^{-8}M$ 混入した場合の曲線で Ce イオンを含まない時と同一である。X₂は Ce^{3+} が $2 \cdot 10^{-6}M$ 混入し、X₃は Ce^{3+} が $2 \cdot 10^{-4}M$ 混入した場合の曲線である。尚第2圖のK''は Ce^{3+} の吸収が重疊したものであり、X'₃は之にX₁(對照と考えられる)を加えた曲線である。即ち

第 1 圖



X₁, X₂.....5000r
K, K'.....照射

第 2 圖



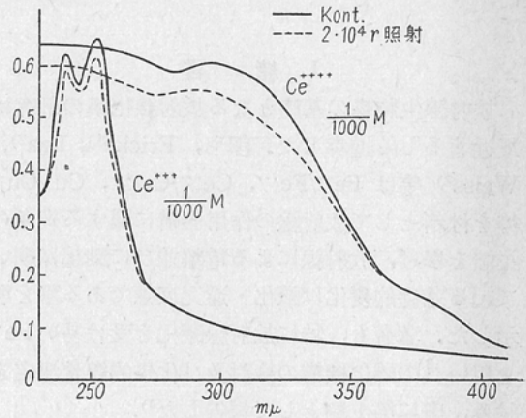
X₃.....5000r
K'.....非照射

Ce⁺⁺⁺ を $2 \cdot 10^{-4}M$, $2 \cdot 10^{-6}M$ 混入により Fe⁺⁺ の酸化は夫々22%及び33%抑制される。他の場合は對照との差異を示さない。之より Ce⁺⁺⁺ の濃度が Fe⁺⁺ に對し適當であるならば、Ce⁺⁺⁺ は放射線酸化に對し Fe⁺⁺ と Compete する事が知られる。

2) Fe⁺⁺⁺ に Ce⁺⁺⁺, Ce⁺⁺⁺⁺ を混入した場合

Fe⁺⁺⁺ イオン單獨に $2 \cdot 10^4$, r 照射した以前の實驗に於て Fe⁺⁺⁺ の還元は殆んど起らなかつた。即ち Fe⁺⁺⁺ は放射線に對し安定性が大である。今回は Ce イオンを混入して放射線に依る還元を促進せんと試みたが、何等の効果も得られなかつた。

第 3 圖

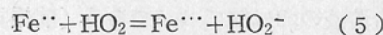
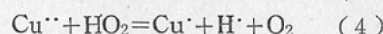
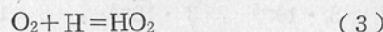
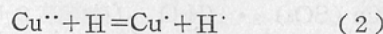
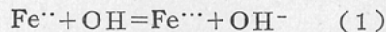


3) $10^{-3}M$, pH = 1.8 の Ce⁺⁺⁺, Ce⁺⁺⁺⁺ 水溶液に $2 \cdot 10^4$, r 照射した場合の吸収曲線を第3圖に示す。兩者共に照射後吸光度が低下している。即ち各イオンの濃度が照射後減少したのであるから、放射線照度により Ce⁺⁺⁺ は酸化し、Ce⁺⁺⁺⁺ は還元すると解釋される。

IV 考 按

1) Hart⁵⁾ は Fe⁺⁺ に還元性の Cu⁺ を混入して放射線による Fe⁺⁺ の酸化が減少する事を指摘し、之は Fe⁺⁺ の酸化が OH⁻ のみならず HO₂ にも依存し Cu⁺ の混在により後者が抑制されるからであると云つている。

註1) Hart による主な反應は次の如くである。



(2), (3) に於て H に對し Cu⁺ と O₂ が Compete して HO₂ の生成が阻止され、(4), (5) に

於て HO_2 に對し Cu^{2+} と Fe^{2+} が Compete するので Fe^{3+} の收量が減少する。

著者の實驗に於ては酸化性の Ce^{4+} のみが Fe^{2+} の酸化を抑制した。之は、 OH 及び HO_2 兩者に對し Ce^{4+} と Fe^{2+} が Compete したと解釋出来る。之等の結果より、放射線の Fe^{2+} 酸化を抑制する條件は、混入物質の酸化性・還元性に無關係であり、Compete の條件（濃度・ pH 等）に依存すると考えられる。

2) セリウムを混入しても Fe^{2+} の還元は増強されなかつた。之は $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ (1) に比し $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ (2) が大きく、又混在するセリウムイオンが (2) を十分に抑制し得ないからである。即ち Fe^{2+} と何等反應性なく單に混在するセリウムイオンは Fe^{2+} に對する放射線の作用を増感し得ないと考えられる。Amphlett⁶⁾ は Fe^{2+} と安定な化合物を作る O-Phenathroline を混入して、放射線による Fe^{2+} の還元を報告しているが、之は以上の考に一致する。

3) 放射線の作用を單に酸化・還元と考えるならば、其の抑制は酸化又は還元され易い Competitor の混在によつて實現し得るし、又其の促進は反應生成物と安定に化合する物質を併用して効果を擧げ得ると思われる。

4) 鐵イオンは鐵蛋白質として生体内で重要な役割を占めている。従つて、*in vitro* に於て得られた以上の結果は放射線生物學の基礎として有用な示唆を與えると思われる。

V 結 論

鐵イオン溶液にセリウムイオンを混入して以下の結果を得た。

1) 放射線による Fe^{2+} の酸化は、 Ce^{4+} を $2 \cdot 10^{-4}\text{M}$ 、 $2 \cdot 10^{-6}\text{M}$ 混入して、夫々 22%、33% 抑制された。之は Ce^{4+} が Fe^{2+} と Compete するからである。

2) Fe^{2+} の還元は Ce イオンの混入により増強されない。

3) Ce イオンは放射線照射により酸化・還元される。

4) 溶液に對する放射線作用の抑制は、酸化・

還元され易い物質の單なる混在によつて起り得るが、夫を促進させる爲には溶質の酸化（還元）物と安定に化合する物質を用いる必要がある。

VI 總 括（第1編～第6編）

溶液に對する放射線の作用機構に關する研究は、放射線の生物學的作用機轉を基礎的に理解する爲に必要不可欠なものであるが、他方化學的線量測定法に就いても重要な示唆を與えると考えられる。

然し、放射線の影響は、一般に *in vivo* に於て著明に現われるが *in vitro* に於ては微弱であるから、其の作用機構を *in vitro* に於て研究するに當り次の各項に注目しなければならぬ。

1) 放射線の影響を特に蒙り易い試料を選ぶ事。（變化がなければ作用機構の解明は困難である。）

2) 生體に關連の深い試料を用いる事。

3) 放射線による變化を鋭敏且つ簡單に測定し得る様、適切な方法を工夫する事。

斯かる見地より、第1, 3, 6編に於ては主として1)に着目して實驗を進め、第2, 4, 5編に於ては2)に依りアミノ酸・蛋白質等を試料として用いた。3)項は各編に共通である。

況、第1編に於ては、紫外線吸収の變化を利用するならば Fe^{2+} 溶液の酸化を容易に測定出来る事を知り放射線の酸化作用を確認し、其の作用機構は空氣 (O_2) 酸化と異なる事を指摘した。又 $10^{-2} \sim 10^{-3}\text{M}$ の場合 Fe^{2+} の收量は濃度に無關係であるから、之は水の分解による間接作用である。更に Fe^{2+} 溶液の酸化が線量に比例し又任意の形狀・體積となし得る事を利用すれば容積線量・病巣線量・深部率等の直接測定が可能である事を提示した。

第6編に於ては、 Fe^{2+} 溶液に Ce イオンを混入して Fe^{2+} の酸化を抑制し、放射線作用の化學的防禦に關する基礎的見解を與えた。

尚、第3編に於ては動的な對象としてイオン交換反應を選び X 線照射が反應を促進させる事を認めた。即ち、生物の場合と同様、小線量照射で X 線の影響が現われるのである。之は動的な現象に

對する放射線の作用機構を *in vitro* に於て検討するに當り有用な手段と思われる。

第2編に於ては、放射線が電離作用を持つと云う理由からpHを指標として水及びアミノ酸溶液の變化を検し、放射線の作用は生成する H_2O_2 に依存しない事を知つた。又紫外線吸収の變化を利用して、芳香族アミノ酸が放射線の影響を蒙り易い事を第4編に述べた。

次に生體に關連が深いと思われる卵アルブミンを用い、弱アルカリ性ビュレット反應を利用して放射線による變性を鋭敏に檢出した。又加熱が其の効果を促進する事も認め、蛋白質の放射線に

よる變性を第5編に論じた。

以上單純な對象を選んで放射線の作用機構を檢討して上述の結果を得たが、之は更に複雑な對象にも適用し得られると思われる。

文 獻

- 1) H. Fricke: J. Chem. Phys. 3, 60(1935). —2) D.E. Lea: Actions of Radiations on Living Cells 2nd ed. Cambridge University Press ('55). —3) J. Weiss: Nature 153, 748(1944). —4) 松澤: 日醫放會誌, 15卷, 10號, 45(1956). —5) Hart: Radiation Research Vol. 2, No. 1, 33 (1955). —6) Amphlett: Nature 165, 977(1950). —7) 赤堀, 水島: 蛋白質化學, 2, 3, 共立出版 K.K. (1954).

Fundamental Studies on Mechanism of Action of X-ray 6 Effects of X-ray upon Fe-Ce aqueous solution

By

H. Matsuzawa

Department of Radiology, Gunma University

Various conditions on the oxidation of ferrous ion were reported previously. In this report, the effects of cerrous ion upon the oxidation of ferrous ion were investigated.

Results :

1. When ferrous sulfate-Cerrous sulfate aqueous solution is irradiated, the oxidation of ferrous ion decreases. This is due to the competition between ferrous ion and Cerrous ion.
2. The reduction of ferric ion is not affected by cerrous or ferric ions.