

JAERI-M

9099

フリック線量計による線量測定における  
諸条件の検討

— $\beta$ 線照射装置の線量測定への適用性—

1980年9月

山本 忠利・大塚 徳勝\*

この報告書は、日本原子力研究所が **JAERI-M** レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

フリッケ線量計による線量測定における諸条件の検討  
— $\beta$ 線照射装置の線量測定への適用性—

日本原子力研究所高崎研究所 研究部  
山本 忠利・大塚 徳勝\*

(1980年8月28日受理)

内部線源方式の $\beta$ 線照射装置の線量測定にフリッケ線量計を適用する場合、従来の外部線源方式の $\gamma$ 線照射装置の場合と異なる、 $\beta$ 線照射装置特有の線量測定上の条件が新たに付加される。そこで、 $\beta$ 線照射装置用の線量計としてのフリッケ線量計の適用性を調べるため、線量測定上の条件から生じる問題点（ステンレス壁材の影響、攪拌の影響、および化学的安定性）について、 $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 線源を用いて検討した。

その結果、フリッケ線量計は内部線源方式の $\beta$ 線照射装置用の線量計として充分適用できることが明らかとなった。

---

\* 現在、九州東海大学農学部

Studies on the Conditions of Dosimetry by Fricke Dosimeter  
- Application for Dosimetry of  $\beta$ -Ray Irradiation Facility -

Tadatoshi YAMAMOTO and Norikatsu OOTSUKA\*

Division of Research, Takasaki Radiation Chemistry  
Research Establishment, JAERI

(Received August 28, 1980)

In the case of applying the Fricke dosimeter for the dosimetry of  $\beta$ -ray irradiation facility by internal source, new requisites of irradiation facility characteristic different from the case of  $\gamma$ -ray irradiation facility by external source are added in the dosimetry. Therefore, problems ( influence of stainless steel wall, influence of stirring and chemical stability ) caused by the requisites in the dosimetry were studied with  $^{60}\text{Co}$  source in order to investigate the application of the Fricke dosimeter as a dosimeter for  $\beta$ -ray irradiation facility.

It was proved that the Fricke dosimeter is applicable to the dosimetry for  $\beta$ -ray irradiation facility.

Keywords :  $\beta$ -Ray Irradiation Facility, Dosimetry, Fricke Dosimeter,  
Stainless Steel Wall, Stirring, Chemical Stability

---

\* Department of Agriculture, University of Kyushu Tokai

## 目 次

1. まえがき	1
2. 実験方法	1
2.1 線量計溶液の調製	1
2.2 線量計溶液のガス飽和	1
2.3 照射容器および $\gamma$ 線照射	2
2.4 線量計溶液の吸光度測定	2
3. 実験結果とその考察	2
3.1 ステンレス壁材の影響	2
3.1.1 ステンレスピース	2
3.1.2 ステンレス製容器	3
3.1.3 反応機構の推定	3
3.2 攪拌の影響	4
3.3 化学的安定性	5
3.3.1 未照射溶液	5
3.3.2 照射済溶液	5
4. あとがき	5
文 献	6

## Contents

1.	Introduction .....	1
2.	Experimental .....	1
2.1	Preparation of dosimeter solution.....	1
2.2	Gas saturation of dosimeter solution.....	1
2.3	Irradiation vessel and $\gamma$ -rays irradiation .....	2
2.4	Optical density measurement of dosimeter solution....	2
3.	Experimental results and discussions.....	2
3.1	Influence of stainless steel wall.....	2
3.1.1	Stainless steel piece .....	2
3.1.2	Stainless steel vessel .....	3
3.1.3	Estimation of reaction mechanism .....	3
3.2	Influence of stirring.....	4
3.3	Chemical stability.....	5
3.3.1	Non-irradiated solution.....	5
3.3.2	Irradiated solution .....	5
4.	Conclusion .....	5
	References .....	6

## 1. ま え が き

$^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  等の  $\gamma$  線源および電子線加速器は放射線化学用線源として広く利用されているが,  $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  等の  $\beta$  線源は放射線化学用線源としてほとんど利用されていない。しかしながら, これらの  $\beta$  線源は原子力発電の進展に伴ない  $^{235}\text{U}$  の核分裂生成物として大量に供与されると, 放射線化学用線源としての利用が高まってゆくことが予想される。そこで筆者らは,  $\beta$  線源の大量利用の必然性に着目して,  $^{85}\text{Kr}$  を照射線源とした液相放射線化学用照射装置を試作し, その照射技術の確立をはかってきた<sup>(1)~(3)</sup>。

液相化学反応系を対象とした  $\beta$  線照射装置の照射方式としては, 放射線エネルギーの利用効率を高めるために内部線源方式が一般に採用されている。このような照射方式の  $\beta$  線照射装置の特性を調べるためには, まず線量測定が必要とされる。  $\beta$  線照射装置用の線量計としては, 各種の線量計の中で, 測定が簡単であり, かつ精度がよいことに着目すると, フリッケ線量計が最も適しているものと思われる。しかるに, 内部線源方式の  $\beta$  線照射装置の線量測定にフリッケ線量計を適用する場合には, 従来の外部線源方式の  $\gamma$  線照射装置の場合と異なる, 次のような照射装置特有の線量測定上の条件が新たに付加される。

- (1) 照射容器としては, 安全上の必要から金属製 (ステンレス製) 容器を使用しなければならない。
- (2) 吸収線量率の均一化をはかるため, 線量計溶液に攪拌をほどこさなければならない。
- (3) 前処理および後処理の操作を必要とするため, 実験所要時間が長くなる。

そこで, 内部線源方式の  $\beta$  線照射装置の線量測定にフリッケ線量計を適用する際に, 線量測定上の条件から生じるステンレス壁材の影響, 攪拌の影響および化学的安定性の問題を,  $^{60}\text{Co}$ ,  $\gamma$  線源を用いて調べ,  $\beta$  線照射装置用の線量計としてのフリッケ線量計の適用性を検討した。

## 2. 実 験 方 法

### 2.1 線量計溶液の調製

線量測定用の線量計溶液としては, 特級モール塩 3.920 g, 特級塩化ナトリウム 0.015 g, および特級濃硫酸 5.6 ml を 3 回蒸留水に溶かし, 全容を 250 ml にしたものを使用した。この場合, 線量計溶液中の鉄イオン (2 価) 濃度は  $4 \times 10^{-3}\text{M}$ , 塩化ナトリウム濃度は  $1 \times 10^{-3}\text{M}$ , 硫酸濃度は 0.8 N となる。

### 2.2 線量計溶液のガス飽和

線量計溶液をガス洗浄びんに入れた後, つぎの方法に従ってそれぞれのガスを飽和させた。

## 1. ま え が き

$^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  等の  $\gamma$  線源および電子線加速器は放射線化学用線源として広く利用されているが,  $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  等の  $\beta$  線源は放射線化学用線源としてほとんど利用されていない。しかしながら, これらの  $\beta$  線源は原子力発電の進展に伴ない  $^{235}\text{U}$  の核分裂生成物として大量に供与されると, 放射線化学用線源としての利用が高まってゆくことが予想される。そこで筆者らは,  $\beta$  線源の大量利用の必然性に着目して,  $^{85}\text{Kr}$  を照射線源とした液相放射線化学用照射装置を試作し, その照射技術の確立をはかってきた<sup>(1)~(3)</sup>。

液相化学反応系を対象とした  $\beta$  線照射装置の照射方式としては, 放射線エネルギーの利用効率を高めるために内部線源方式が一般に採用されている。このような照射方式の  $\beta$  線照射装置の特性を調べるためには, まず線量測定が必要とされる。 $\beta$  線照射装置用の線量計としては, 各種の線量計の中で, 測定が簡単であり, かつ精度がよいことに着目すると, フリッケ線量計が最も適しているものと思われる。しかるに, 内部線源方式の  $\beta$  線照射装置の線量測定にフリッケ線量計を適用する場合には, 従来の外部線源方式の  $\gamma$  線照射装置の場合と異なる, 次のような照射装置特有の線量測定上の条件が新たに付加される。

- (1) 照射容器としては, 安全上の必要から金属製 (ステンレス製) 容器を使用しなければならない。
- (2) 吸収線量率の均一化をはかるため, 線量計溶液に攪拌をほどこさなければならない。
- (3) 前処理および後処理の操作を必要とするため, 実験所要時間が長くなる。

そこで, 内部線源方式の  $\beta$  線照射装置の線量測定にフリッケ線量計を適用する際に, 線量測定上の条件から生じるステンレス壁材の影響, 攪拌の影響および化学的安定性の問題を,  $^{60}\text{Co}$ ,  $\gamma$  線源を用いて調べ,  $\beta$  線照射装置用の線量計としてのフリッケ線量計の適用性を検討した。

## 2. 実 験 方 法

### 2.1 線量計溶液の調製

線量測定用の線量計溶液としては, 特級モール塩 3.920 g, 特級塩化ナトリウム 0.015 g, および特級濃硫酸 5.6 ml を 3 回蒸留水に溶かし, 全容を 250 ml にしたものを使用した。この場合, 線量計溶液中の鉄イオン (2 価) 濃度は  $4 \times 10^{-3}\text{M}$ , 塩化ナトリウム濃度は  $1 \times 10^{-3}\text{M}$ , 硫酸濃度は 0.8 N となる。

### 2.2 線量計溶液のガス飽和

線量計溶液をガス洗浄びんに入れた後, つぎの方法に従ってそれぞれのガスを飽和させた。



## 1) 窒素飽和

高純度窒素ガスを40分間線量計溶液に通じて飽和させた。窒素ガスの洗浄には、アルカリ性ピロガロール溶液、濃硫酸、および3回蒸留水を用いた。

## 2) 酸素飽和

酸素ガスを20分間線量計溶液に通じて飽和させた。酸素ガスの洗浄には、濃硫酸と3回蒸留水を用いた。

## 3) 空気飽和

清浄な空気を30分間線量計溶液に通じて飽和させた。

2.3 照射容器および $\gamma$ 線照射

照射容器には、ガラス製およびステンレス製の試験管(16.5 $\phi$ ×165mm)と、ガラス製の円筒型容器(90 $\phi$ ×171mm)の3種類を用いた。いずれの照射容器もクロム酸混液でよく洗浄した後、3回蒸留水で充分洗浄したものを使用した。

$\gamma$ 線照射は当所RI工学試験棟の $^{60}\text{Co}$ 線源5200Ciを用いて、それぞれ $6.9 \times 10^3$ 、 $2.4 \times 10^4$ 、 $5.6 \times 10^4 \text{R/h}$ の照射線量率下で行なった。

## 2.4 線量計溶液の吸光度測定

$\gamma$ 線照射により生成した $\text{Fe}^{3+}$ の量は、304nmにおける $\text{Fe}^{3+}$ の吸光度の変化を分光光度計で測定して求めた。分光光度計には日立製作所製の139形を用いた。なお、吸光度の変化量から $\text{Fe}^{3+}$ の生成量を求めにあたっては、304nmにおける分子吸光係数 $2126 \text{ l}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ (at 20°C)を用いた。ただし、分子吸光係数の温度補正は、 $\epsilon_t = \epsilon_{20} \cdot \{1 + k/100(t - 20)\}$ の式を用いて行なった<sup>(4)(5)</sup>。ここで、 $\epsilon_t$ 、 $\epsilon_{20}$ は測定時の液温がそれぞれt°C、20°Cのときの分子吸光係数であり、kは温度補正係数(=0.7)である。

## 3. 実験結果とその考察

## 3.1 ステンレス壁材の影響

ステンレスピースとステンレス製容器を用いて、線量測定に及ぼすステンレス壁材の影響を調べ、さらにその影響に関する反応機構を検討した。

## 3.1.1 ステンレスピース

## 1) 表面状態の影響

窒素飽和した線量計溶液を用いて、線量測定に及ぼすステンレスピースの表面状態の影響を調べた。照射容器にはガラス製の試験管を用いた。実験に使用したステンレスピースは市

## 1) 窒素飽和

高純度窒素ガスを40分間線量計溶液に通じて飽和させた。窒素ガスの洗浄には、アルカリ性ピロガロール溶液、濃硫酸、および3回蒸留水を用いた。

## 2) 酸素飽和

酸素ガスを20分間線量計溶液に通じて飽和させた。酸素ガスの洗浄には、濃硫酸と3回蒸留水を用いた。

## 3) 空気飽和

清浄な空気を30分間線量計溶液に通じて飽和させた。

2.3 照射容器および $\gamma$ 線照射

照射容器には、ガラス製およびステンレス製の試験管(16.5 $\phi$ ×165mm)と、ガラス製の円筒型容器(90 $\phi$ ×171mm)の3種類を用いた。いずれの照射容器もクロム酸混液でよく洗浄した後、3回蒸留水で充分洗浄したものを使用した。

$\gamma$ 線照射は当所RI工学試験棟の $^{60}\text{Co}$ 線源5200Ciを用いて、それぞれ $6.9 \times 10^3$ 、 $2.4 \times 10^4$ 、 $5.6 \times 10^4$  R/hの照射線量率下で行なった。

## 2.4 線量計溶液の吸光度測定

$\gamma$ 線照射により生成した $\text{Fe}^{3+}$ の量は、304nmにおける $\text{Fe}^{3+}$ の吸光度の変化を分光光度計で測定して求めた。分光光度計には日立製作所製の139形を用いた。なお、吸光度の変化量から $\text{Fe}^{3+}$ の生成量を求めにあたっては、304nmにおける分子吸光係数 $2126 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$  (at 20 $^{\circ}\text{C}$ )を用いた。ただし、分子吸光係数の温度補正は、 $\epsilon_t = \epsilon_{20} \cdot \{1 + k / 100 (t - 20)\}$ の式を用いて行なった<sup>(4)(5)</sup>。ここで、 $\epsilon_t$ 、 $\epsilon_{20}$ は測定時の液温がそれぞれ $t^{\circ}\text{C}$ 、20 $^{\circ}\text{C}$ のときの分子吸光係数であり、 $k$ は温度補正係数(=0.7)である。

## 3. 実験結果とその考察

## 3.1 ステンレス壁材の影響

ステンレスピースとステンレス製容器を用いて、線量測定に及ぼすステンレス壁材の影響を調べ、さらにその影響に関する反応機構を検討した。

## 3.1.1 ステンレスピース

## 1) 表面状態の影響

窒素飽和した線量計溶液を用いて、線量測定に及ぼすステンレスピースの表面状態の影響を調べた。照射容器にはガラス製の試験管を用いた。実験に使用したステンレスピースは市

販の SUS-27 で、その大きさは  $60 \times 11 \times 1$  mm である。採りあげたステンレスピースの表面状態としては、未処理の表面、サンドペーパーで研磨された表面、および酸処理された表面の3種類である。これらのステンレスピースが挿入された線量計溶液（添加Bの状態）、およびこれらのステンレス成分の一部を溶解させた線量計溶液（添加Aの状態）\*の各々に、 $5.5 \times 10^4$  radの $\gamma$ 線を照射したとき、その吸光度の変化量をTable 1に示す。

この表から明らかなように、研磨されたステンレスピースについては、線量計溶液にそれを挿入した状態で照射した場合、その吸光度の変化量は無添加の場合に比べて少なくなり、ステンレスピースの影響が顕著に現われる。これに対して、その成分の一部が溶けている状態で照射した場合、その吸光度の変化量は無添加の場合とほとんど変わらず、ステンレスピースの影響は無視できる。未処理および酸処理済みのステンレスピースについては、その影響は認められない。

## 2) 溶存酸素の影響

線量計溶液内の雰囲気ガスが酸素であるとき、その溶存酸素は線量測定に及ぼすステンレスピースの影響に関与することが考えられる。そこで、ステンレスピースの影響を酸素飽和した線量計溶液を用いて調べた。ステンレスピースとしては表面が研磨されたものだけを対象とした。ステンレスピースが挿入された線量計溶液、およびステンレス成分の一部を溶解させた線量計溶液の各々に、 $5.5 \times 10^4$  radの $\gamma$ 線を照射したとき、その吸光度の変化量をTable 2に示す。この表から明らかなように、酸素飽和の場合は前述の窒素飽和の場合と異なり、研磨されたステンレスピースの影響を余り受けない。これは溶存酸素が研磨されたステンレスピースの影響を抑制したためと思われる。

## 3.1.2 ステンレス製容器

線量測定に及ぼすステンレス製容器の影響を調べるため、酸処理済みのステンレス製試験管およびガラス製試験管の各々に、窒素飽和した線量計溶液を入れて、 $5.5 \times 10^4$  radの $\gamma$ 線を照射した。両試験管を用いた場合に得られた吸光度の変化量をTable 3に示す。この表から明らかなように、酸処理済みのステンレス製容器の影響は認められない。これは酸処理することによりステンレス壁面に酸化被膜を形成し、表面が不活性の状態になるためと思われる。したがって、酸処理済みのステンレス製容器はガラス製容器と同様にフリッケ線量計の照射容器として充分使用できることが明らかとなった。

## 3.1.3 反応機構の推定

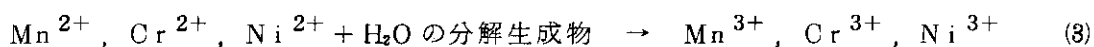
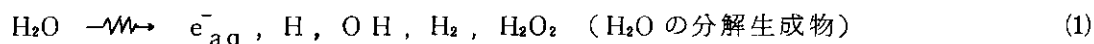
線量測定に及ぼすステンレス壁材の影響については、つぎの二つの反応機構が考えられる。

### 1) Mn, Cr, Ni 等によるもの

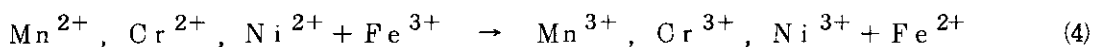
ステンレス成分中のMn, Cr, Niは酸性溶液中で溶解してそれぞれ $Mn^{2+}$ ,  $Cr^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ となる。そのためこれらの金属陽イオンが $Fe^{2+}$ の酸化反応を妨害するものと考えられる。その反応機構としては、まず第1に、これらの金属陽イオンが $H_2O$ の放射線分解生成

\* 線量計溶液にステンレスピースを2~3時間浸した後、これを取出し、ステンレス成分の一部を溶解させた状態である。

物と酸化反応(3)を起こし、その結果、 $Fe^{2+}$ と $H_2O$ の放射線分解生成物との酸化反応(2)がそれだけ低下するものと考えられる。



つぎに第2の反応機構として、放射線により酸化された $Fe^{3+}$ が $Mn^{2+}$ 、 $Cr^{2+}$ 、 $Ni^{2+}$ と電荷移動反応(4)を起こし、その結果、 $Fe^{3+}$ が $Fe^{2+}$ へ逆反応するため、 $Fe^{2+}$ の酸化反応(2)がそれだけ低下するものと考えられる。



## 2) 活性化水素 $H^*$ によるもの

ステンレスは酸性溶液に接触すると、その表面は直ちに酸化被膜でおおわれる。ステンレス成分中のMn、Cr、Niも酸化されるため、その酸化被膜はFeそのものの酸化被膜より安定であり、強酸に対して溶けにくい。ステンレスの表面は通常空気中でも徐々に反応して安定な酸化被膜を形成している。しかるに、表面が研摩されたステンレスの場合には、表面の酸化被膜が損傷しているため、酸性溶液中では容易に $Fe + 2H^+ \rightarrow Fe^{2+} + 2H^*$ なる反応が起こり、活性化水素 $H^*$ が発生する。この $H^*$ が $H_2O$ の放射線分解生成物であるHおよびOHラジカルとつぎの反応(5)と(6)を起こし、その結果、 $Fe^{2+}$ の酸化反応(2)がそれだけ低下するものと考えられる。



ここで、3.1.1の実験結果から、線量測定に及ぼすステンレス壁材の影響に関する反応機構を推定すると、つぎのようになる。まず3.1.1の1)の実験結果によると、ステンレス成分の一部を溶解させた場合には、ステンレスピースの影響が現われない。このことはステンレス壁材の影響がステンレス成分中のMn、Cr、Ni等によるものでないことを示唆している。つぎに3.1.1の2)の実験結果によると、酸素飽和の場合には、ステンレスピースの影響が僅少である。これを活性化水素 $H^*$ が溶存酸素 $O_2$ と直ちに反応して $H_2O$ を生成するので、反応(5)と(6)が抑制されたためと思われる。このことから、ステンレス壁材の影響は酸性溶液中に生成する活性化水素 $H^*$ によるものであると推定される。

## 3.2 攪拌の影響

ガラス製の円筒型容器に入れた窒素飽和線量計溶液を大きさ $8 \phi \times 37 \text{ mm}$ のマグネチックスターラーで攪拌しながら、 $\gamma$ 線照射を行ない、線量測定に及ぼす攪拌の影響を調べた。 $2.4 \times 10^4 \text{ R/h}$ の照射線量率下で、1時間、 $\gamma$ 線照射したとき、マグネチックスターラーの回転数に対する線量計溶液の吸光度の変化量をTable 4に示す。この表から明らかなように、吸光度の変化量は回転数に無関係であり、攪拌の影響は認められない。これは水の放射線分解により生成したラジカルの反応速度が攪拌速度よりきわめて速いためと思われる。

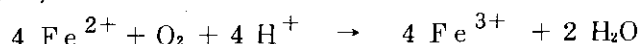
### 3.3 化学的安定性

線量計溶液の化学的安定性を未照射溶液と照射済溶液の両方について検討を行なった。

#### 3.3.1 未照射溶液

雰囲気ガスおよび放置温度に対する未照射溶液の安定性を調べるため、酸素、空気、および窒素をそれぞれ飽和した線量計溶液を凍結状態、15℃、25℃、および35℃の下で一昼夜放置し、その間の吸光度の変化を測定した。その実験結果をFig. 1～3に示す。Fig. 1とFig. 2から明らかなように、酸素飽和および空気飽和の場合、線量計溶液の吸光度は放置時間とともに増加し、その増加速度は放置温度が高くなるほど速くなる。しかるに、線量計溶液を凍結状態で放置しても吸光度の変化は全く認められない。これはFe<sup>2+</sup>の自動酸化が凍結状態では抑えられたためと思われる。

一般に、Fe<sup>2+</sup>の自動酸化反応は全体としてつぎの反応式が表わされる<sup>(6)</sup>。



その反応速度はFe<sup>2+</sup>の濃度、O<sub>2</sub>の濃度、温度、および共存する陰イオンの濃度とその種類に関係する。

一方、Fig. 3から明らかなように、窒素飽和した線量計溶液は酸素が存在しないため、自動酸化反応は起こらない。そのため線量計溶液の吸光度の変化は全く認められない。したがって、窒素飽和の線量計溶液は化学的に最も安定である。

#### 3.3.2 照射済溶液

窒素飽和した線量計溶液を用いて線量測定を行なう場合には、照射終了後、溶液は空気に触れるため、その安定性が問題となる。そこで、吸収線量がそれぞれ $6.8 \times 10^3$ 、 $5.5 \times 10^4$ 、 $1.1 \times 10^5$  radの線量計溶液を25℃の下で空気中に放置し、その安定性を調べた。その実験結果をFig. 4に示す。この図から明らかなように、照射終了後、溶液を空気中に放置すると、溶液中のFe<sup>2+</sup>は空気中の酸素との反応を徐々に開始し、自動酸化される。

## 4. あとがき

内部線源方式のβ線照射装置の線量測定にフリッケ線量計を適用する場合、従来の外部線源方式のγ線照射装置の場合と異なる、照射装置特有の線量測定上の条件が新たに付加される。そこで、β線照射装置用の線量計としてのフリッケ線量計の適用性を調べるため、線量測定上の条件から生じる三つの問題点（ステンレス壁材の影響、境拌の影響、および化学的安定性）について、<sup>60</sup>Co, γ線源を用いて検討を行なった。その結果はつぎのとおりである。

- (1) 安全上の必要から使用するステンレス製容器は、その表面が酸処理されていれば、照射容器として充分適用できる (Table 3)。
- (2) 吸収線量率の均一化をはかるためにほどこす境拌の影響は認められない (Table 4)。
- (3) 窒素飽和した線量計溶液は化学的に最も安定である。照射終了後、空気に触れても自動

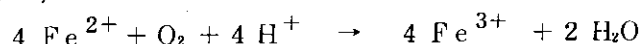
### 3.3 化学的安定性

線量計溶液の化学的安定性を未照射溶液と照射済溶液の両方について検討を行なった。

#### 3.3.1 未照射溶液

雰囲気ガスおよび放置温度に対する未照射溶液の安定性を調べるため、酸素、空気、および窒素をそれぞれ飽和した線量計溶液を凍結状態、15℃、25℃、および35℃の下で一昼夜放置し、その間の吸光度の変化を測定した。その実験結果をFig. 1～3に示す。Fig. 1とFig. 2から明らかなように、酸素飽和および空気飽和の場合、線量計溶液の吸光度は放置時間とともに増加し、その増加速度は放置温度が高くなるほど速くなる。しかるに、線量計溶液を凍結状態で放置しても吸光度の変化は全く認められない。これはFe<sup>2+</sup>の自動酸化が凍結状態では抑えられたためと思われる。

一般に、Fe<sup>2+</sup>の自動酸化反応は全体としてつぎの反応式が表わされる<sup>(6)</sup>。



その反応速度はFe<sup>2+</sup>の濃度、O<sub>2</sub>の濃度、温度、および共存する陰イオンの濃度とその種類に関係する。

一方、Fig. 3から明らかなように、窒素飽和した線量計溶液は酸素が存在しないため、自動酸化反応は起こらない。そのため線量計溶液の吸光度の変化は全く認められない。したがって、窒素飽和の線量計溶液は化学的に最も安定である。

#### 3.3.2 照射済溶液

窒素飽和した線量計溶液を用いて線量測定を行なう場合には、照射終了後、溶液は空気に触れるため、その安定性が問題となる。そこで、吸収線量がそれぞれ $6.8 \times 10^3$ 、 $5.5 \times 10^4$ 、 $1.1 \times 10^5$  radの線量計溶液を25℃の下で空気中に放置し、その安定性を調べた。その実験結果をFig. 4に示す。この図から明らかなように、照射終了後、溶液を空気中に放置すると、溶液中のFe<sup>2+</sup>は空気中の酸素との反応を徐々に開始し、自動酸化される。

## 4. あとがき

内部線源方式のβ線照射装置の線量測定にフリッケ線量計を適用する場合、従来の外部線源方式のγ線照射装置の場合と異なる、照射装置特有の線量測定上の条件が新たに付加される。そこで、β線照射装置用の線量計としてのフリッケ線量計の適用性を調べるため、線量測定上の条件から生じる三つの問題点（ステンレス壁材の影響、境拌の影響、および化学的安定性）について、<sup>60</sup>Co, γ線源を用いて検討を行なった。その結果はつぎのとおりである。

- (1) 安全上の必要から使用するステンレス製容器は、その表面が酸処理されていれば、照射容器として充分適用できる (Table 3)。
- (2) 吸収線量率の均一化をはかるためにほどこす境拌の影響は認められない (Table 4)。
- (3) 窒素飽和した線量計溶液は化学的に最も安定である。照射終了後、空気に触れても自動

酸化は徐々に起こるにすぎない (Fig. 3 と Fig. 4)。

これらの結果から、フリッケ線量計は内部線源方式の $\beta$ 線照射装置用の線量計として充分適用できることが明らかとなった。

## 文 献

- (1) 大塚徳勝, 山本忠利: 日本原子力学会誌, 15, 681 (1973)
- (2) 大塚徳勝, 山本忠利: 応用物理, 41, 996 (1972)
- (3) T. Yamamoto, N. Ootsuka: J. Nucl. Sci. Technol., (投稿中)
- (4) J. L. Haybittle, R. D. Saunders, and A. J. Swallow: J. Chem. Phys., 25, 1213 (1956)
- (5) C. M. Henderson and N. Miller: Radiation Res., 13, 641 (1960).
- (6) J. Weiss: J. Chim. Phys., 48, C-6 (1951)

酸化は徐々に起こるにすぎない (Fig. 3 と Fig. 4)。

これらの結果から、フリッケ線量計は内部線源方式の $\beta$ 線照射装置用の線量計として充分適用できることが明らかとなった。

## 文 献

- (1) 大塚徳勝, 山本忠利: 日本原子力学会誌, 15, 681 (1973)
- (2) 大塚徳勝, 山本忠利: 応用物理, 41, 996 (1972)
- (3) T. Yamamoto, N. Ootsuka: J. Nucl. Sci. Technol., (投稿中)
- (4) J. L. Haybittle, R. D. Saunders, and A. J. Swallow: J. Chem. Phys., 25, 1213 (1956)
- (5) C. M. Henderson and N. Miller: Radiation Res., 13, 641 (1960).
- (6) J. Weiss: J. Chim. Phys., 48, C-6 (1951)



Table 1 Influence of surface state of stainless steel piece on dosimetry of N<sub>2</sub>-saturated system. Absorbed dose : 5.5×10<sup>4</sup> rad .

Stainless steel piece	Change in optical density		
	No treated surface	Ground surface	Acid treated surface
No addition	1.0 1 0	1.0 1 0	1.0 1 0
Addition A	1.0 2 8	0.9 9 6	0.9 9 2
Addition B	1.0 5 5	0.6 3 5	0.9 9 1

Table 2 Influence of ground stainless steel piece on dosimetry of O<sub>2</sub>-saturated system. Absorbed dose : 5.5×10<sup>4</sup> rad.

Stainless steel piece	Change in optical density
No addition	1.7 5 0
Addition A	1.7 7 0
Addition B	1.6 8 8

Table 3 Influence of acid treated stainless steel vessel on dosimetry of N<sub>2</sub>-saturated system. Absorbed dose : 5.5×10<sup>4</sup> rad.

Irradiation vessel	Change in optical density
Glass vessel	1.0 3 7 ± 0.0 2 2
Stainless steel vessel	1.0 6 6 ± 0.0 1 5

Table 4 Influence of stirring on dosimetry of N<sub>2</sub>-saturated system. Absorbed dose : 2.4×10<sup>4</sup> rad.

Revolution of stirrer (r.p.m.)	Change in optical density
0	0.4 4 0 ± 0.0 0 5
2 7 0	0.4 5 1 ± 0.0 0 8
5 4 0	0.4 3 5 ± 0.0 1 0
9 2 0	0.4 5 5 ± 0.0 0 7
1 3 5 0	0.4 4 7 ± 0.0 0 8

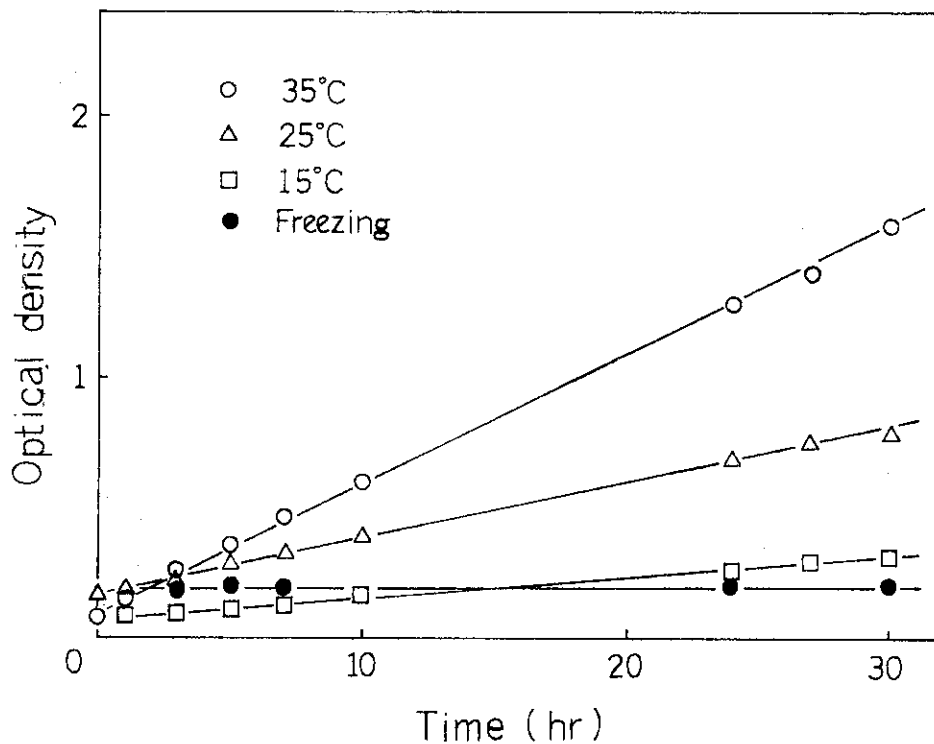


Fig. 1 Chemical stability of no-irradiated dosimeter solution in O<sub>2</sub>-saturated system.

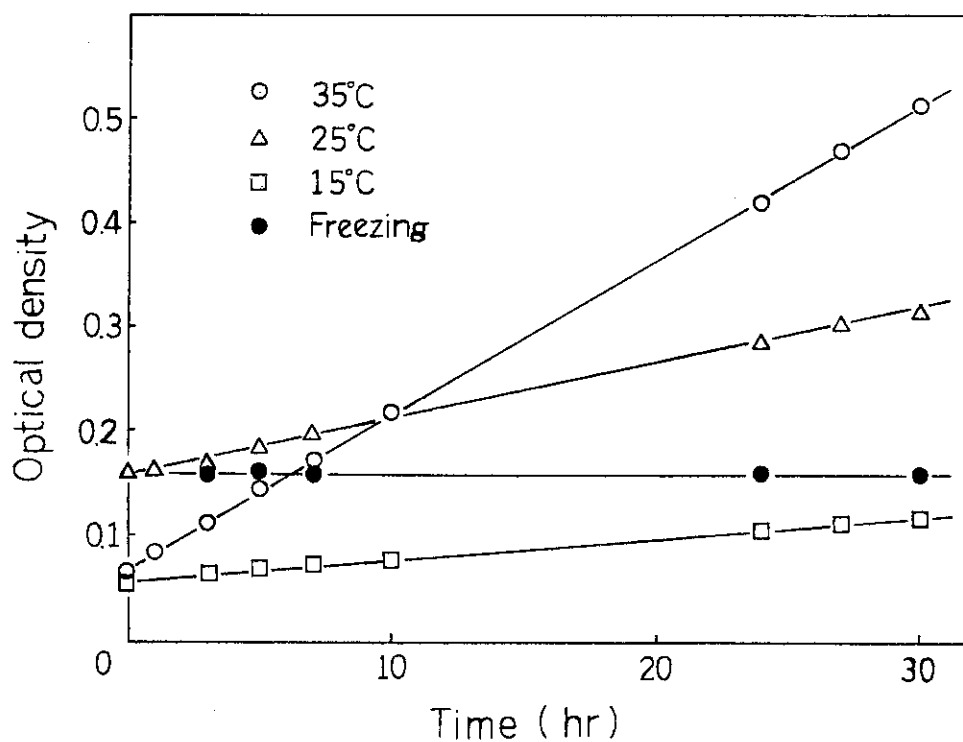


Fig. 2 Chemical stability of no-irradiated dosimeter solution in Air-saturated system.

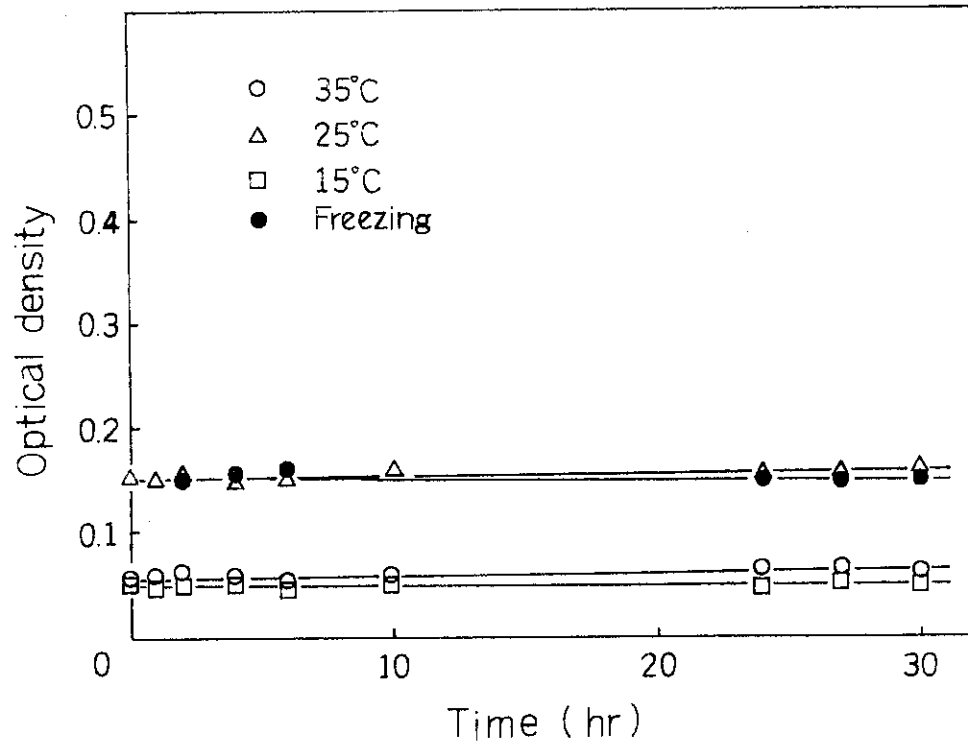


Fig. 3 Chemical stability of no-irradiated dosimeter solution in  $N_2$ -saturated system.

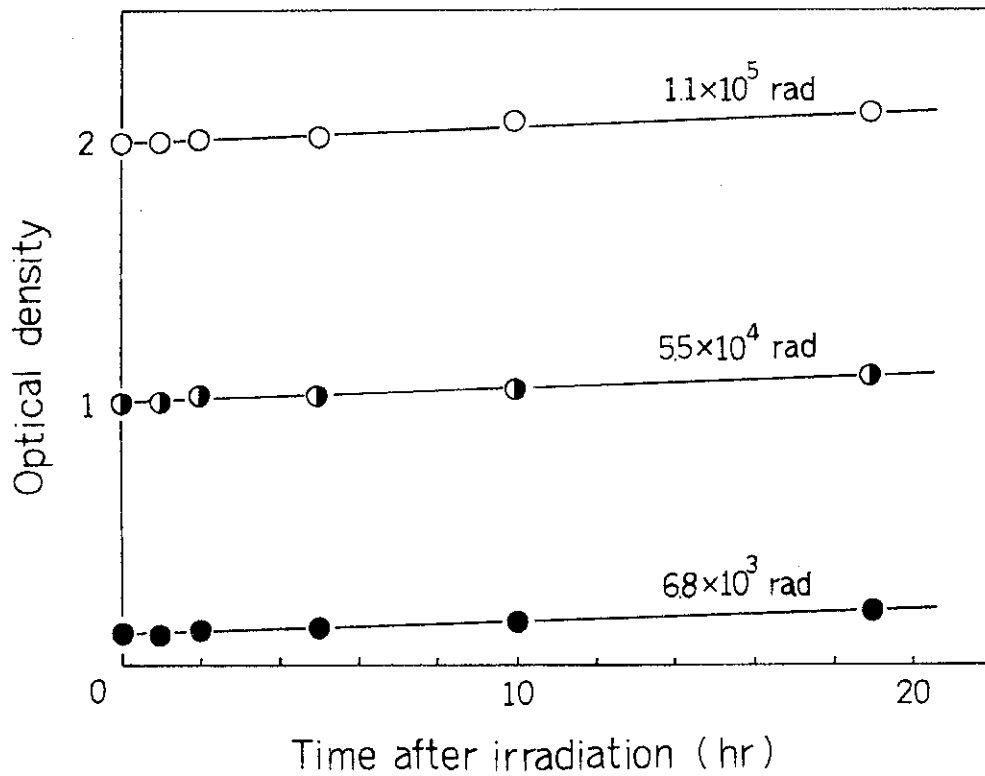


Fig. 4 Chemical stability of irradiated dosimeter solution in  $N_2$ -saturated system.