JAEA-Review
2021-055
DOI:10.11484/jaea-review-2021-055

JAEA-Review

大洗研究所における眼の水晶体の被ばく管理方法の検討

Examination of Exposure Management Method for the Eye Lens at Oarai Research and Development Institute

松岡 天音　安宗 貴志　小島 信広　宮内 英明
高崎 浩司　橋本 周

Amane MATSUOKA, Takashi YASUMUNE, Nobuhiro KOJIMA, Hideaki MIYAUCHI
Koji TAKASAKI and Makoto HASHIMOTO

高速炉・新型炉研究開発部門
大洗研究所
放射線管理部

Radiation Protection Department
Oarai Research and Development Institute
Sector of Fast Reactor and Advanced Reactor Research and Development

December 2021
Japan Atomic Energy Agency
日本原子力研究開発機構

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構　JAEA イノベーションハブ　研究成果利活用課
〒 319-1195　茨城県那珂郡東海村大字白方 2 番地 4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

JAEA-Review 2021-055

大洗研究所における眼の水晶体の被ばく管理方法の検討

日本原子力研究開発機構　高速炉・新型炉研究開発部門
大洗研究所　放射線管理部

松岡　天音、安宗　貴志+、小島　信広、宮内　英明、高崎　浩司、橋本　周

（2021 年 11 月 1 日受理）

電離放射線障害防止規則等の改正が令和 3 年 4 月 1 日に施行され、眼の水晶体の線量限度が引き下げられ、眼の水晶体の等価線量の算定に 3 mm 線量当量が追加された。

線量管理ガイドラインでは、管理基準を超えるおそれのある場合に、従来の管理に加えて眼の近傍に個人線量計を着用することを求めている。また眼の近傍で測定した 3 mm 線量当量を眼の水晶体の等価線量とするとしている。

本報告では今後の管理方法を検討するため、線量限度を超えるおそれのある作業が過去に行われていたか調査を行った。

調査の結果、平成 20 年度以降の全作業における眼の水晶体の被ばく線量は、線量限度と比較し十分低い値であった。

このため、通常実施される作業については、眼の近傍に個人線量計を着用する追加管理の必要はないと結論付けた。今後も従来通り、体幹部均等被ばく状況下では体幹部基本部位のみ、体幹部不均等被ばく状況下では体幹部基本部位及び最大線量部位に線量計を着用する管理方法を基本とする。なお、眼の水晶体の被ばく線量が高い作業を行う場合には、眼の近傍に水晶体線量計を着用し 3 mm 線量当量を測定することとする。

大洗研究所：〒311-1393　茨城県東茨城郡大洗町成田町 4002 番地
＋　安全・核セキュリティ統括部

JAEA-Review 2021-055

Examination of Exposure Management Method for the Eye Lens at Oarai Research and Development Institute

Amane MATSUOKA, Takashi YASUMUNE+, Nobuhiro KOJIMA,
Hideaki MIYAUCHI, Koji TAKASAKI and Makoto HASHIMOTO

Radiation Protection Department
Oarai Research and Development Institute
Sector of Fast Reactor and Advanced Reactor Research and Development
Japan Atomic Energy Agency
Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received November 1, 2021)

The dose limit for the eye lens was lowered on April 1 2021, and a 3 mm dose equivalent was added to the calculation. The guidelines require that lens dosimeters be worn and managed when there is a risk of exceeding control standards.

In this report, in order to examine future management methods, we investigated whether work that might exceed the equivalent dose limit was performed in the past.

As a result of the investigation, the exposure dose for all works after fiscal year 2008 was sufficiently low compared to the equivalent dose limit.

For this reason, it is considered that there is no need for additional management of wearing a personal dosimeter near the eyes for the work that is normally performed. In the future, as in the past, the basic management method will be to wear a dosimeter only on the basic part of the trunk under uniform exposure conditions, and to wear a dosimeter on the basic part of the trunk and the maximum dose part under non-uniform exposure conditions. When performing work with a high exposure dose to the eye lens, a dosimeter should be worn near the eye to measure the 3 mm dose equivalent.

Keywords: Dose Management, Eye Lens, Dose Limit, 3 mm Dose Equivalent, Eye Lens Dosimeter

+ Safety and Nuclear Security Administration Department

目次

Contents

This is a blank page.

1. 序論

眼の水晶体は放射線感受性の高い組織であり、放射線被ばくにより水晶体混濁が生じ白内障などの視力障害を引き起こすおそれがある[1)]。

これまで我国では、国際放射線防護委員会 (International Commission on Radiological Protection)（以下 ICRP）Publication 60「国際放射線防護委員会の 1990 年勧告」をもとに、職業被ばくにおける眼の水晶体等価線量限度を年間 150 mSv と定めていた[2,3)]。この線量限度は、白内障の発生が確定的事象で水晶体混濁の発生にしきい線量があるという考えに基づいて策定された[3)]。

しかしながら、ICRP Pub. 92 において、白内障のしきい線量がこれまで推定されてきた線量よりも低い可能性が示唆され、検討が行われた[4)]。その結果、2011 年に発表された「組織反応に関する ICRP 声明」（ソウル声明）において、等価線量限度を 5 年平均 20 mSv/年かつ、年間 50 mSv に引き下げる勧告が示された[1)]。

我国でもソウル声明の勧告を取り入れ、電離放射線障害防止規則等の改正が行われ、令和 3 年 4 月に施行されることとなった。またこれまで眼の水晶体の等価線量は 1cm 線量当量と 70 μm 線量当量のうち適切な値としていたが、法令改正により 1 cm 線量当量、3 mm 線量当量、70 μm 線量当量のうち適切なものを使用することとされ、眼の水晶体の等価線量の評価に 3 mm 線量当量が追加された。このため、眼の近傍での 3 mm 線量当量の測定を行うにあたり、改正法令の遵守及び防護の最適化の実施を目的に、「眼の水晶体の線量モニタリングのガイドライン」（一般社団法人日本保健物理学会、2020 年）が策定された[5)]。

これまで一般的に、眼の水晶体の等価線量は着用した個人線量計から得られた 1cm 線量当量と 70 μm 線量当量のうち大きい値としていた。体幹部均等被ばくの場合は体幹部基本部位、体幹部不均等被ばくの場合は頭部又は頸部に装着した個人線量計を評価に使用していた。この評価方法は、1 cm 線量当量及び 70 μm 線量当量で管理すれば等価線量限度を超えることはほとんどなく、防護上必要な情報を得ることができるという考えに基づくものである[6)]。

一方、ガイドラインでは図 1.1 フローチャートに従い、モニタリングする部位及びモニタリングに使用する実用量を決定することが示された。体幹部均等被ばくでは、管理基準を超えるおそれのない場合では、従来の管理方法と同様に体幹部基本部位に装着した個人線量計で算定を行う。また、管理基準を超えるおそれがある場合は従来の管理方法に加え眼の近傍に装着した線量計を用いて算定する。体幹部不均等被ばくにおいても管理基準を超えるおそれのない場合では従来と同様に、体幹部基本部位及び線量が最大となる部位へ線量計を装着する。このうち、等価線量の算定には、眼に近い部位に装着した線量計を使用し、また管理基準を超えるおそれがある場合は、眼の近傍への線量計を追加で着用し算定に使用する。

以上のことから、体幹部均等被ばく及び体幹部不均等被ばくいずれの場合も管理基準を

超えるおそれのある場合では、従来の管理方法に加えて眼の近傍に個人線量計を着用し評価することが求められた。

これまで大洗研究所においても一般的な管理方法と同様に、着用した線量計から得られた 1 cm 線量当量及び 70 μm 線量当量のうち大きい値を眼の水晶体の等価線量としていた。体幹部均等被ばくでは体幹部基本部位に着用した線量計を線量評価に使用した。また体幹部不均等被ばくでは、体幹部基本部位に加え線量が最大となる部位に線量計を着用し、頭部又は頸部に着用した線量計を線量評価に使用した。

このため大洗研究所における眼の水晶体の被ばく管理方法について、眼の近傍へ個人線量計を着用させる追加管理の有無を検討する必要がある。そこで、線量限度を超えるおそれのある作業が大洗研究所で過去に行われていたか調査を行った。なお、ガイドラインのフロー図では「眼の水晶体の管理基準に近い、もしくは超えるおそれがある」と記載されているが、定常的に眼の水晶体への被ばくが大きくなる作業場が少ないと予想されることから、眼の水晶体の等価線量限度を基準に検討を行った。

本調査では、線量をモニタリングする部位が被ばくの状況によって異なることから、体幹部均等被ばくの場合と体幹部不均等被ばくの場合についてそれぞれ調査した。

第 2 章では、体幹部均等被ばく状況下での眼の水晶体の最大被ばく者の調査結果をまとめた。過去の各年度において等価線量が最も高い者が行った作業について調査し、線量限度を超えるおそれのある作業の有無を確認した。

第 3 章では、体幹部不均等被ばく状況下での調査結果をまとめた。過去に不均等被ばく測定用個人線量計を着用した各作業者の等価線量を調べ、線量限度との比較を行った。

加えて、3 mm 線量当量の評価を行う際には、β 線のような透過力の低い放射線による被ばくを考慮する必要があるため、第 4 章では β 線場での被ばくについて γ 線及び β 線による被ばく線量を調査し、β 線による被ばくが有意であった作業施設の有無を確認した。

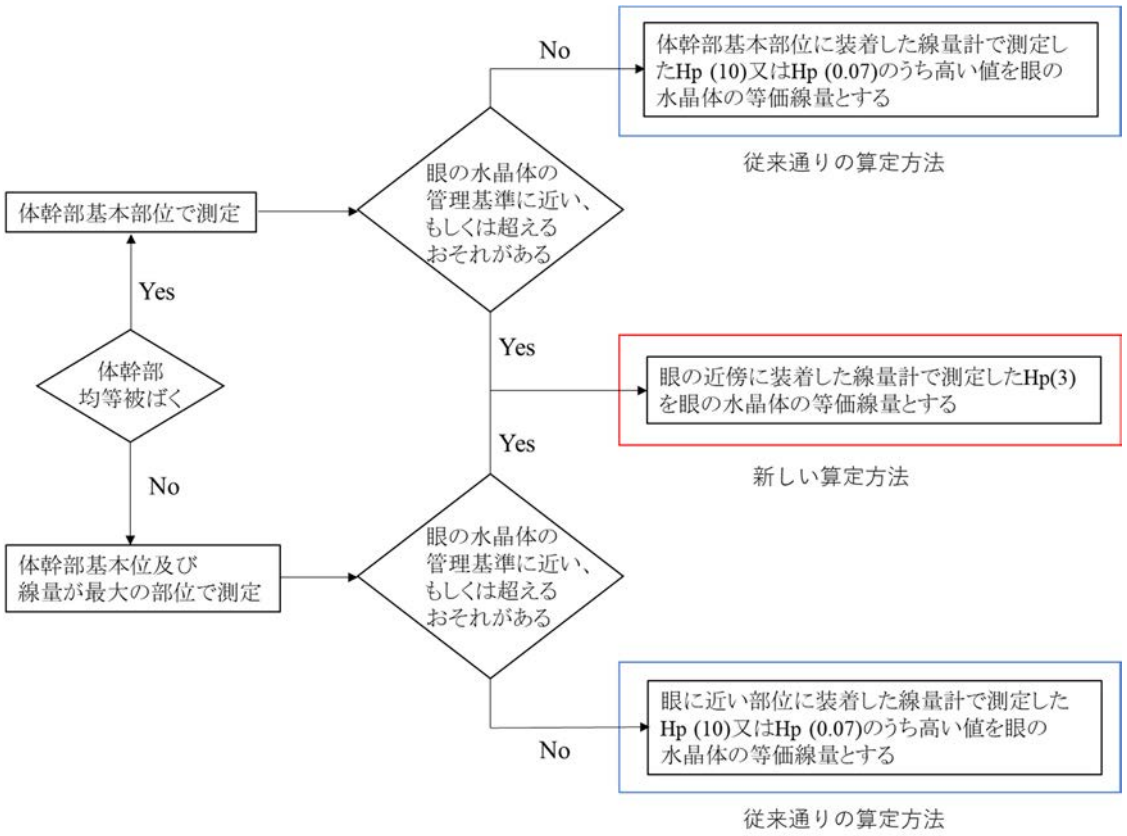

図 1.1　眼の水晶体の等価線量の算定方法を決定するためのフロー図
一般社団法人日本保健物理学会（2020）「眼の水晶体の線量モニタリングのガイドライン」を基に作成

2. 体幹部均等被ばく状況下での眼の水晶体の最大被ばく者の調査

大洗研究所において体幹部基本部位に着用した線量計から得られた眼の水晶体の等価線量が年間で最も高い者が従事した作業について、平成 20 年度から令和元年度まで調査を行った。なお、平成 20 年度及び平成 21 年度は、大洗研究所南地区では熱ルミネセンス線量計（TLD）、大洗研究所北地区では蛍光ガラス線量計を使用している。また、大洗研究所南地区及び北地区において、平成 22 年度から平成 26 年度第 2 四半期以前は蛍光ガラス線量計、平成 26 年度第 3 四半期以後は光刺激ルミネセンス線量計（OSL）を使用している。

各年度での最大等価線量、従事した施設及び作業内容を表 2.1 にまとめた。また、当該施設の放射線管理担当課に聞き取りを行ったところ、これらは全て体幹部均等被ばく状況下であった。このため、体幹部基本部位に着用した線量計を測定し得られた 1 cm 線量当量及び 70 μm 線量当量のうち大きい値を眼の水晶体の等価線量として記載した。

平成 20 年度から令和元年度までの放射線作業を調査した結果、大洗研究所における年間の眼の水晶体の等価線量の最大は 4.9 mSv であった。この数値は、個人線量計による測定への要求性能として容認されている不確かさ 1.5 から 2 の数値を考慮しても、眼の水晶体の等価線量の線量限度に比べて十分低い数値である。

なお、放射線管理第 1 課及び放射線管理第 2 課への聞き取りにより、表 2.1 に記載の作業以外で、眼の水晶体への高い被ばくのおそれがある作業は定常的には行っていないことを確認した。

表 2.1　眼の水晶体における等価線量の年間最大値と作業内容

年度	等価線量(mSv)	施設名	作業内容
H20	4.2	常陽	ブロア分解点検
H21	2.0	常陽	空調設備補修
H22	2.4	JWTF 注 1	設備定期検査
H23	1.7	JWTF	タンク室補修作業
H24	1.4	JWTF	廃棄物整理作業
H24	1.4	AGF 注 2	セル内作業
H25	4.9	MMF 注 3	セル内作業
H26	2.1	JWTF	タンク室補修作業
H27	1.3	常陽	容器移動作業
H28	1.9	常陽	機器点検作業
H29	1.5	常陽	機器点検作業
H30	2.3	ホットラボ	セル内作業
R1	1.1	JWTF	廃棄物整理作業

注 1 廃棄物処理建屋（以下、「JWTF」という。）

注 2 照射燃料試験施設（以下、「AGF」という。）

注 3 照射材料試験施設（以下、「MMF」という。）

なお、表 2.1 に記載の作業内容の詳細は以下の通りである。

(1) 常陽でのブロア分解点検（平成 20 年度）

・燃料洗浄設備のアルゴンガス循環ブロア分解点検

(2) 常陽での空調設備補修（平成 21 年度）

・1 次系空調弁の不具合調査及び補修

(3) JWTF での設備定期検査（平成 22 年度）

・廃棄物処理設備の外観検査、作動検査及び測定器を利用した検査

・廃棄物貯蔵庫に保管中の放射性固体廃棄物の状態確認

(4) JWTF でのタンク室補修作業（平成 23 年度）

・廃液タンクの基礎ボルト周辺の腐食部のケレン及び塗装

(5) JWTF での廃棄物整理作業（平成 24 年度）

・液体廃棄物の受入作業

・廃棄物処理設備による処理作業に伴い発生した固体廃棄物の受入・処理作業

(6) AGF でのセル内作業（平成 24 年度）

・No.6 セル背面の PVC 越しに、セル内の機器の接続状態を確認

(7) MMF でのセル内作業（平成 25 年度）

・引張試験機等の解体撤去及びインセルクレーンの修理
・新たな引張試験機の設置作業
・インセルモニタの更新

(8) JWTF でのタンク室補修作業（平成 26 年度）
・塗装剥離部床面及び壁面の塗装

(9) 常陽での容器移動作業（平成 27 年度）
・第二使用済燃料貯蔵建屋（第 2 SFF）でのクレーン更新に伴う廃樹脂回収容器の移動

(10) 常陽での機器点検作業（平成 28 年度）
・原子炉付属建家における汚染廃ガス真空ポンプの分解点検及びアルゴン廃ガス冷却器 A、B の開放点検

(11) 常陽での機器点検作業（平成 29 年度）
・原子炉建家、原子炉付属建家における 1 次予熱窒素ガス系電動弁及び 1 次冷却系空気作動弁等の点検

(12) ホットラボでのセル内作業（平成 30 年度）
・セル内側の壁及び床の濡れウエス、エタノール除菌シートでの拭き取り

(13) JWTF での廃棄物整理作業（令和元年度）
・液体廃棄物の受入
・廃棄物処理設備による処理及び処理作業に伴い発生した固体廃棄物の受入・処理作業

3. 体幹部不均等被ばく状況下での作業内容調査

平成 20 年度から令和 2 年度第 2 四半期までの期間において、体幹部不均等被ばく状況下で複数の個人線量計による管理を実施した放射線作業の調査を行った。調査の結果、1 件の作業が該当することが確認された。

確認された作業は、令和 2 年度第 1 四半期及び第 2 四半期に作業員 2 名により実施された燃料研究棟における核燃料物質の整理作業であった。当該作業は鉛エプロンを着装して行い、鉛エプロン内側の体幹部基本部位（胸部）及び線量が最大となる鉛エプロン外側の頸部に OSL 線量計を着用した。本作業は鉛エプロンを装着していることから不均等被ばく状況下と分類した。

作業員 2 名の体幹部基本部位（胸部）及び頸部に装着した線量計を測定し、各線量計の 1 cm 線量当量及び 70 μm 線量当量のうち大きい値を表 3.1 にまとめた。当該作業者の眼の水晶体の等価線量は、体幹部基本部位及び頸部に着用した線量計の評価値の合算値とした。

各作業者の眼の水晶体の最大等価線量は第 1 四半期及び第 2 四半期を合わせて、作業者 1 は 1.6 mSv、作業者 2 は 0.9 mSv であった。個人線量計による測定への要求性能として容認されている不確かさ 1.5 から 2 の数値を考慮しても、眼の水晶体の等価線量の線量限度に比べて十分低い数値である。このことから、従来の管理方法で問題ないと考える。

表 3.1 不均等被ばく状況下での眼の水晶体の等価線量の測定結果

	作業者 1		作業者 2	
	第 1 四半期	第 2 四半期	第 1 四半期	第 2 四半期
体幹部基本部位(胸部)	0.2	0.5	0.1	0.3
頸部	0.3	0.6	0.2	0.3
評価値	0.5	1.1	0.3	0.6

単位　mSv

4. β線場での被ばく調査

体幹部基本部位に着用した線量計からβ線量が検出された作業者について、平成20年度から令和元年度まで調査を行った。

調査の結果について、各年度の作業施設、作業者の眼の水晶体の等価線量、γ線量、β線量、β線量及びγ線量の比（β/γ）並びに作業の概要を表4.1にまとめた。なお該当施設の放射線管理担当課よりこれらの作業は体幹部均等被ばくであることを確認している。このため体幹部基本部位に着用した個人線量計から得られた1 cm線量当量及び70 μm線量当量のうち高い値を眼の水晶体の等価線量と評価している。個人線量計は平成20年度から平成23年度は蛍光ガラス線量計、平成30年度はOSL線量計を使用した。

調査の結果から、β線量及びγ線量の比の平均値であるβ/γ（平均）が1.0を超えるβ線被ばくが有意な作業は、平成21年度にホットラボで行われたNo.7セル除染作業及び平成22年度にWDFで実施した廃棄物仕分け作業であった。β線による被ばくを受けた作業者の眼の水晶体の被ばく線量はいずれも線量限度に対して十分低いことが明らかとなった。

表4.1　β線場での被ばく調査結果（1/2）

年度	施設	作業者	眼の水晶体の等価線量 (mSv)	γ線量 (mSv)	β線量 (mSv)	β/γ	β/γ (平均)	作業概要
H20	ホットラボ	A	0.4	0.3	0.1	0.3	0.8	No.8セル内メンテナンス
		B	0.7	0.3	0.4	1.3		
		C	0.6	0.4	0.2	0.5	0.4	施設立入除染作業
		D	0.4	0.3	0.1	0.3		
		E	0.4	0.3	0.1	0.3		
		F	0.5	0.4	0.1	0.3		
	廃棄物処理場	A	0.3	0.2	0.1	0.5	0.5	β･γ焼却装置炉内点検
H21	ホットラボ	A	0.3	0.2	0.1	0.5	0.6	No.8セル内整備作業
		B	1.2	0.7	0.5	0.7		
		C	0.2	X [注1]	0.2	— [注2]	— [注2]	No.7セル除染作業
	廃棄物処理場	A	0.9	0.7	0.2	0.3	0.3	β・γ焼却装置耐火レンガ更新
		B	0.6	0.5	0.1	0.2		

表 4.1　β 線場での被ばく調査結果（2/2）

年度	施設	作業者	眼の水晶体の等価線量 (mSv)	γ 線量 (mSv)	β 線量 (mSv)	β/γ	β/γ (平均)	作業概要
H22	WDF 注 3	A	0.2	0.1	0.1	1.0	1.2	廃棄物仕分け作業
		B	0.8	0.2	0.6	3.0		
		C	0.4	0.2	0.2	1.0		
		D	0.5	0.2	0.3	1.5		
		E	0.7	0.3	0.4	1.3		
		F	0.2	0.1	0.1	1.0		
		G	0.2	0.1	0.1	1.0		
		H	0.3	0.2	0.1	0.5		
		I	0.4	0.3	0.1	0.3		
		J	0.2	0.1	0.1	1.0		
		K	0.7	0.3	0.4	1.3		
		L	0.5	0.2	0.3	1.5		
		M	0.6	0.3	0.3	1.0		
		N	0.4	0.2	0.2	1.0		
H23	WDF	A	0.4	0.2	0.2	1.0	0.9	廃棄物の解体処理作業
		B	0.2	0.1	0.1	1.0		
		C	0.4	0.2	0.2	1.0		
		D	0.3	0.2	0.1	0.5		
H30	ホットラボ	A	1.8	1.3	0.5	0.4	0.5	No.8 セル内の除染及び整備作業
		B	2.0	1.2	0.8	0.7		
		C	0.4	0.3	0.1	0.3		
		D	1.0	0.8	0.2	0.3		
		E	1.8	1.2	0.6	0.5		
		F	1.0	0.8	0.2	0.3		
		G	1.2	0.6	0.6	1.0		

注1 検出限界値（0.1 mSv）未満

注2 γ 線量が検出限界値未満のため評価せず

注3 固体廃棄物前処理施設（以下、「WDF」という。）

5. 結論

5.1 均等被ばくの管理

平成 20 年度から令和元年度までの放射線作業を調査した結果、大洗研究所における年間の眼の水晶体の等価線量の最大は 4.9 mSv であった。この数値は、個人線量計による測定への要求性能として容認されている不確かさ 1.5 から 2 の数値を考慮しても、線量限度に比べて十分低い数値である。このため大洗研究所で通常実施される作業の管理については、第 1 章図 1.1 のフローチャートから、体幹部基本部位に装着した個人線量計で測定した 1 cm 線量当量 又は 70 μm 線量当量のうちいずれか値の高い方を水晶体の等価線量とする。したがって体幹部基本部位のみに線量計を着用する従来通りの方法で管理する。

5.2 不均等被ばくの管理

平成 20 年度から令和 2 年度第 2 四半期までの期間について、体幹部不均等被ばく状況下で実施された作業を調査した結果、1 件の作業が該当し、作業者の眼の水晶体の等価線量の最大値は 1.6 mSv（令和 2 年度第 1 四半期及び第 2 四半期の合算値）であった。この数値は、個人線量計による測定への要求性能として容認されている不確かさ 1.5 から 2 の数値を考慮しても、線量限度に比べて十分低い数値である。このため第 1 章図 1.1 のフローチャートから、不均等被ばく状況下における作業の管理は、体幹部基本部位及び最大線量部位に線量計を着用し、眼に近い部位に装着した個人線量計で測定した 1 cm 線量当量 又は 70 μm 線量当量のうちいずれか値の高い方を水晶体の等価線量とする。したがって、体幹部基本部位及び最大線量部位に線量計を着用する従来通りの方法で管理する。

5.3 β 線被ばくが有意となる場での被ばくの管理

平成 20 年度から令和元年度までの期間では、ホットラボ及び WDF において β 線被ばくが有意となる場での作業が行われたが、作業者の眼の水晶体の被ばく線量は線量限度に比べて十分低くなるように作業管理が行われていた。したがって通常実施される作業については、従来通り全面マスク内に眼の水晶体線量計を装着するなどの特別な管理は必要ないと評価した。

5.4 高線量被ばく作業が今後実施される場合の対応

これまでの調査結果から、通常実施される作業については従来通りの管理で問題ないことを確認した。しかしながら今後、大洗研究所で過去に実施しなかったような、眼の水晶体の等価線量が高くなる作業が実施される場合においては、上記の管理に加え、眼の近傍に装着した個人線量計で測定した 3 mm 線量当量を水晶体の等価線量とするものとする。個人線量計については、原子力科学研究所で考案された OSL 線量計（nano Dot）を使用した水晶体線量計を使用する。

謝辞

本報告書の作成に当たり、放射線作業内容に関する調査に多大なご協力を頂いた放射線管理第 1 課の阿部はるか氏、今井馨氏、小野莉菜氏、中山直人氏及び和田莉奈氏並びに放射線管理第 2 課の後藤有佳氏、佐藤圭汰氏、福井誠氏及び諸角季生氏に深く感謝いたします。

参考文献

1) CRIEPI チーム 118（訳）, ICRP 勧告翻訳検討委員会（編）, ICRP Publication 118　組織反応に関する ICRP 声明・正常な組織・臓器における放射線の早期影響と晩発影響―放射線防護の視点から見た組織反応のしきい線量―, 日本アイソトープ協会, 2017, 327p.
2) 放射線審議会 眼の水晶体の放射線防護検討部会, 眼の水晶体にかかる放射線防護の在り方について（意見具申）（平成 30 年 3 月 2 日付け原規放発第 18030211 号）, 2018, 22p.
3) 日本アイソトープ協会（訳）, ICRP Publication 60　国際放射線防護委員会の 1990 年勧告, 丸善株式会社, 1991, 236p.
4) 日本アイソトープ協会（訳）, ICRP Publication 92　生物効果比（RBE）、線質係数（Q）及び放射線荷重係数（w_R）, 丸善株式会社 , 2005, 113p.
5) 日本保健物理学会, 眼の水晶体の線量モニタリングのガイドライン, 2020, 76p.
6) 原子力安全技術センター（編）, 被ばく線量の測定・評価マニュアル 2000, 原子力安全技術センター, 2000, 211p.

This is a blank page.