ご協力にも感謝したい。協賛企業各社、学会事務局、実行委員や、参加受付、会場係、スライド受付等で臨機応変に対応してくれた関係各位に改めて謝意を表したい。

来年の研究発表会は竹中信吾（JAEA 人形峠環境技術センター）大会長のもと、上齋原文化センター（岡山県鏡野町）にて開催の予定である。

保健物理, 48 (3), 130 ~ 133 (2013)

話 題

日本保健物理学会ワークショップ印象記 —水晶体の新たな限度の適用に ついて考える—

川 浦 稚 代^{*1}

2013 年 5 月 25 日（土）午前 10 時から、東京大学小柴ホールにて、日本保健物理学会ワークショップ～水晶体の新たな限度の適用について考える～が開催された。このワークショップは、日本保健物理学会の専門研究会として今年度発足した「水晶体の放射線防護に関する専門研究会」の活動の一環である。

この研究会発足の背景には、2011 年 4 月に国際放射線防護委員会（ICRP）が発表した“Statement on Tissue Reactions”という声明がある。声明の内容は、水晶体の閾値を再評価した結果、閾値が現在では 0.5 Gy と考えられ、それに基づいた場合、職業被ばくにおける水晶体の等価線量限度は、5 年間平均で 20 mSv、年最大で 50 mSv に低減されるといったものであった。この声明を受けて、現在、各国の専門機関は、新たな水晶体線量限度の適用に向けて様々な活動を行っている。日本においても、新線量限度の法令取り入れに向けて、本格的な検討が実施されると予想されるが、まずは、これまでの水晶体線量測定・評価の是非や、新線量限度適用後に起こりうる問題とその解決策等の検討項目の洗い出しが必要であり、このことが、専門研究会発足の誘因となっている。今回のワークショップは、各分野の専門家に、水晶体被ばくと防護の現状についてお話をうかがいなが

ら、新線量限度適用に向けての我が国の課題を抽出する、という目的で開催された。

まず、専門研究会の主査である赤羽恵一委員（放医研）から、専門研究会設置の経緯と、新水晶体線量限度適用に向けての諸外国における活動状況の説明があった。国際標準化機構（ISO）では、作業グループ（WG19）が「Radiological protection—Procedures for monitoring the dose to the lens of the eye, the skin and the extremities」に関わっていること、一方、国際原子力機関（IAEA）は、水晶体線量のモニタリング方法等のテクニカルミーティングを 2012 年 10 月にウィーンで行っており、その会合に日本からは、専門研究会幹事の横山須美委員（藤田保健衛生大学）が参加したとの報告があった。

欧州原子力共同体（EURATOM）は、国際基本安全基準（BSS）の改訂作業に入っており、「職業被ばくの線量限度」の改定項目として、実効線量も水晶体の等価線量も 20 mSv/ 年を限度とする方向性が固まりつつあること、また、EURATOM Framework Program の活動として、ORAMED プロジェクト；Optimisation of Radiation Protection for Medical Staff も立ち上がっており、医療従事者を対象とした線量評価や防護の最適化に関する活動が実施されているといった具体的な内容の紹介があった。

一方、保健物理学会が加盟している国際放射線防護学会（IRPA）では、「Task Group on the implications of the implementation of the ICRP Recommendations for a Revised Eye Dose Limit」が立ち上がり、加盟学会に対する大規模なアンケート調査が行われ、日本からは、保健物理学会の「水晶体の放射線防護に関する専門研究会」を中心に、会員の意見集約及び IRPA への回答が行われたという報告があった。

2 番目の講演者である福島県立医科大学の丹羽太貫氏からは、「水晶体の放射線影響に関する疫学的知見と ICRP の動向」についてお話があった。

最初に、組織反応と確率的影響の関係を、「短潜伏期組織反応（吐き気、下痢など）」「がん」「長潜伏期組織反応（白内障、血管障害など）」の三つに分類し、それぞれの特徴（潜伏期の長さ、線量効果関係、リスクモデル、自然発生率等）を比較して示し、長潜伏期組織反応が確

Chiyo YAMAUCHI-KAWAURA; Impressions of the JHPS Workshop —Think about the Application of the New Dose Limit for the Lens of the Eye—.

^{*1} 名古屋大学大学院医学系研究科医療技術学専攻；愛知県名古屋市東区大幸南 1-1-20（〒461-8673）
Department of Radiological Sciences, Nagoya University Graduate School of Medicine; 1-1-20 Daiko-minami, Higashi-ku, Nagoya-shi, Aichi 461-8673, Japan.
E-mail: kawaura@met.nagoya-u.ac.jp

率的影響と非常によく似ていることを説明した。また、ICRP では、がんにおける DDREF=2 を飛び越して、白内障は線量率効果はなし (DDREF=1) と判断しているとの説明があった。また、長潜伏期組織反応は、従来の分類では対応しきれない生物学的特徴を持つことがわかりつつあり、それを受けて、確定的影響・確率的影響の考え方の見直しや、各影響や他のリスク要因との関連を考慮した防護体系の見直しが必要になるのではないか、といった意見を述べられた。

会場からは、長潜伏期組織反応が確率的影響に近いというのであれば、現在、確率的な議論をしているところへの影響も大きいのではないか、といった質問が出された。

丹羽氏からは、LNT モデルは今後も採用され続けるだろうが、白内障のような非致死的な組織反応に対する低線量域でのリスクの大きさについては十分な議論が必要であること、また、確定的影響・確率的影響といった従来の考え方を取り去らなければ、長潜伏期組織反応のメカニズムは解明できないだろうという回答がなされた。

3 番目の講演者である千代田テクノルの大口裕之委員からは、水晶体の線量計測・評価の現状について話があった。

まず、ISO と国際電気標準会議 (IEC) が、個人線量計における国際規格の統廃合を進めつつある現状について実例を示した。次に、現行法令における 3 mm 線量当量と 1 cm 線量当量及び 70 μ m 線量当量との関係を示したうえで、光子の場合は、Hp(3) を評価しなくても水晶体の線量限度が担保できること、また、電子では、2.5 MeV 以上では Hp(10) の測定・評価により担保でき、1 MeV 以下のエネルギーでは Hp(0.07) の測定・評価により、水晶体の線量限度が担保できることが述べられた。さらに、1 MeV ~ 2.5 MeV の β 線は、エネルギースペクトルが通常連続であるので、容易に遮蔽できることから問題なく、また、この狭い領域だけで被ばくすることは極めてまれであるので、Hp(3) の測定・評価は通常必要ない、という現行法令の考え方を説明した。その他、ICRU が Hp(3) の換算係数を評価し、その校正に必要なファントムや換算係数を文書化する計画を進めていることや、ISO15382 の改定内容についての具体的な説明があった。

最後に、医療、研究教育、工業、獣医療などの平成 23 年度業種別水晶体年等価線量の分布を示し、現状 150 mSv を超える被ばくを受けているのは医療業界の

みで、4 人ほどいるが、新線量限度を適用すると、最大 50 mSv の場合は 135 人が、100 mSv/5 年の場合は 771 人が線量限度をオーバーするので、今後、専門研究会等で、これら作業者の防護をどうすべきか検討していきたいと思うと述べた。

4 番目の講演者は、横山委員で、水晶体の新線量限度に対する IAEA の検討状況の説明があった。

IAEA では、BSS に ICRP の新しい水晶体の線量限度が取り入れられたことを踏まえ、要件を遂行するためのガイダンス (TEC-DOC) を作成することを目的とし、技術会合が昨年 10 月に開催されたこと、この会合には 24 か国、8 機関、47 名の参加があり、この件に関して、各国・機関の関心が集まっていることが説明された。講演では、会合での検討内容、TEC-DOC (ドラフト) の構成とその概要が示された。TEC-DOC は 7 月頃に出版手続きに入るとのことであった。

5 番目の講演者である赤羽委員からは、新しい線量限度の適用に関する IRPA のタスク報告書「ICRP の新しい水晶体線量限度の適用に関する影響」についての説明があった。

IRPA は 48 加盟学会に対して 11 問のアンケートを実施し、16 か国、12 学会から回答を得た。日本からは保健物理学会が回答を行った。質問項目は大きく分けて三つで、Topic 1 として「水晶体線量評価への影響」、Topic 2 として「水晶体の被ばく防護方法」、Topic 3 として「新しい線量限度適用による影響」が挙げられた。加盟学会から推薦された専門家の中から、Topic ごとに 2-3 名の取りまとめ役が設定され、Topic 3 においては、赤羽委員と横山委員が担当することになったという報告があった。

回答としては、新線量限度適用において影響を受ける可能性がある基本分野は医療分野が主で、実質的な影響があるのはインターベンショナル・ラジオロジー (IVR) であり、IVR の具体的な線量レベルを知っておくことが重要であること、また、Hp(3) の特定の線量測定法の開発、作業者の防護訓練は重要で、それに対するガイドラインも必要であること、線量測定や防護対策にかかるコストの把握が必要であるといったことが挙げられた。更に、線量限度に近くなる作業者の特定や、白内障と放射線被ばくとの関係解明に関する研究の促進も重要であること、防護手段の調査や訓練、防護手段としての鉛眼鏡の改良や開発、被ばくの最適化も重要で、社会的・経済的・経営的状况について考慮すべきであるといったことも挙げられた。その他にも、各国の状況に合わせて様々

な意見が寄せられたようであった。

最後の講演者である京都医療科学大学の太田和子委員からは、「医療分野における水晶体の放射線防護の実態」について具体的な防護方法が幾つか紹介された。

初めに、医療分野の放射線従事者にはどんな業種があるかの説明があり、その中で特に水晶体の被ばくの可能性が高い職種はIVRの術者であり、一検査当たりの被ばくとしては、 0.5 mSv/hr （床から1 mの高さで）の空間線量であることが示された。循環器学会や放射線学会が中心となってIVRのガイドラインが整備されていることや、専門医制度や専門技師制度、看護師ではIVRの認定看護師制度もあり、防護の教育・訓練も各講習会等で実施されているとのことである。また、IVRでの実際の防護状況（防護眼鏡、下半身の防護のための鉛シールド、患者からの散乱線被ばくを防護するための含鉛アクリルガラス等）を具体的に写真で紹介した。筆者は講演を聞いて、IVR術者の防護は十分であるように思えたが、太田委員からは最後に、医療機関は大企業のように1,000人を超える従事者がいたとしても、IVRに従事するのは3人ぐらいであり、その人たちの線量限度が低くなったからといって、様々な防護基準を提案しても、それに従える人はなかなかいないので、そういった状況をふまえて防護方法を考えていただきたい、といった意見が述べられた。

総合討論（第1図）においては、電力中央研究所の藤通有希氏が、丹羽氏の講演の補足として、公衆の線量限度（ 15 mSv/年 ）について、ICRPでの検討の有無について説明した。

まず、ICRP Publication 118のドラフトが出た後に、ソウル声明でしきい線量、線量限度の発表があり、その後ICRP Publication 118が正式に発刊されたという順番になっているが、公衆の線量限度はソウル声明では何も触れられていなかったため、それで問題がないかといった議論がなされ、その後、ICRP Publication 118の招待論文で初めて公衆の線量限度に関する説明が出てきた。その説明では、 15 mSv/年 を70年間被ばくしても最大 $1,050 \text{ mSv}$ であるということと、公衆では水晶体だけを被ばくするという局所被ばくの可能性が低いということ、実効線量限度 1 mSv/年 があるということから、公衆の線量限度を変更しなかったということがそこで初めて説明されたという経緯があると述べられた。

会場からは、大口委員の講演にあった我が国の水晶体の等価線量の測定方法について質問があった。これに対し、大口委員より、均等被ばくの場合は個人線量計一個

第1図 総合討論の様子

で測定し、IVRの時は襟に線量計をつけて評価したとの回答があった。

実際、防護眼鏡を付けて作業をしている場合があるが、今回の等価線量値の分布の中には、防護時の等価線量値は考慮されていないのか、という質問には、眼鏡の透過率から新たに数値を推定することはできるが、その点は管理者の判断にゆだねている、という回答であった。

一方、中性子の水晶体への影響は大きい、従来の放射線加重係数でカバーできるかどうかの議論はICRPで行われているか、という質問には、丹羽氏から、十分な議論がなされていないようだとの回答があった。

更に、白内障を確率的影響としてとらえるということでは本当によいのか、組織障害では通常DDREFは非常に大きい、単に確率的影響に近いDose responseをとるからといって、同じものとして扱ってよいのか、との会場からの質問に対し、丹羽氏からは、DDREF=1を議論したのではなく、生データでは、長期被ばくも急性被ばくもあまりかわらないので、実際のところ両者は同等であるとしているという回答があった。

現在の防護の枠組みは、「確定的影響を防止し、確率的影響のリスクを合理的に達成できる程度に減少させる」という考え方であるが、白内障だけでなく、脳や心臓の血管や他の確定的影響も確率的影響として扱われるようになると、今までの防護体系がぐらつくのではないのか、細胞やタンパク、遺伝子レベルの微細な反応を議論に加えだすと議論が混沌として来るのではないかととの会場からの質問に対して、丹羽氏からは、今の防護体系は、これまで長潜伏期影響を考慮せずに進んだが、原爆被爆生存者のフォローアップの長期化により、様々な体への影響が明らかになってきた。基礎研究がもう少し進み、

事実が明確になれば、それに防護体系を合わせていく作業が必要になるし、今それが始まろうとしているところである。従来の LNT モデルやしきい線量の概念は理解しやすいので、今後もうまく使っていけばよいと思う、との回答がなされた。

一方、ヨーロッパと日本での水晶体の等価線量評価に対する考え方の違いについて、会場から情報提供があった。IEC でのワーキンググループにおける意見交換の場では、現状日本では、1 cm と 70 μm とで管理できていて、それなりに合理的な値が得られているのに、なぜわざわざ 3 mm を評価に入れるのか、との意見が出ると、ヨーロッパでは、 β 線は 70 μm の値では過大評価でオーバーするので困るし、光子では足りず、光子の 40 keV 以下では Hp(10) では不足する、といった意見も出る。また、EU では各国の基準は様々で、光子は Hp(10) のみで評価している国が多く見受けられることや、日本は、近隣国を頻繁に移動して作業をするようなことは無いため、国内同じ法律・基準で管理されているが、作業者が国をまたいで移動する EU では、各国での管理レベルが違うので問題が大きく、そのため EU では、各国の基準を統一することに力を注いでいる。この点については、日本とヨーロッパで大きな違いがあるため、それらを考慮し、3 mm の実測が必要なのか、現在の日本の Hp(10) と Hp(0.07) による線量評価や管理体制は不十分かどうかについても視野に入れて検討していかなければならないのではないか、という意見が出された。

大野委員からは、推定された高い水晶体等価線量に含まれる不確かさの問題が挙げられた。例えば、IVR 術者の場合、プロテクタの下に着用した線量計の値から水晶体の線量を推定している場合もある。この値には大きな不確かさが含まれる。そのような値であることを十分に理解した上で高線量被ばく者の取り扱いを議論する必要がある、との意見があった。

会場には約 60 名の参加者が集い、上記のような白熱した議論がなされた。今回筆者は、専門研究会の委員として参加していたが、恥ずかしながら線量計測以外の知識が全く無かったため、水晶体の新線量限度適用に向けての問題点や国内外の動向等の詳細な情報を得ることができたことは、個人的には非常に大きな成果であった。今回のワークショップで議論された日本における様々な課題については、専門研究会で引き続き議論していきたいと思う。

川浦 稚代 (かわうら ちよ)

1991 年名古屋大学医療技術短期大学部卒業。2000 年名古屋市立大学大学院博士課程薬学研究科修了、2008 年同大学院で医学博士も取得。薬学・医学博士。主に生体の防御機構に興味があるが、最近是小児の医療被ばくの実態とリスクに興味がある。

E-mail: kawaura@met.nagoya-u.ac.jp