日本における保健物理のあゆみ

外部被曝管理

西川 喜之*1, 平沢 悠紀*1

Radiation Protection for Occupational External Exposure

Yoshiyuki NISHIKAWA and Yuuki HIRASAWA*1

1. 管理の歴史的概観

(1)外部被曝管理をモニタリングと防護・管理に大別し、本稿では防護・管理について述べることにする。

X線やラジウムなどを扱っていたころの防護・管理は、放射線障害の発生を防止することを目的とし、障害の発生の有無を健康診断によって判断することであった。このときの「許容線量」に対する認識は「そこまでの被曝は許され受け容れられるもの」であった。当初のX線発生装置や放射線照射用具などの遮蔽の不備はさほど問題にされなかったし、取扱いに伴う被曝もあまり問題にはならなかった。したがって、防護・管理の仕事は「許容線量」を超えないようにモニタリングをすることと障害発生の発見のための健康診断を実施することが主であった。その後、核分裂の利用から出発した原子力開発の分野では、開発の初めから放射線の被曝による影響を懸念していた。その影響を継続的に定性的・定量的に計りつつ“より少い被曝で”という視点から防護・管理を行ってきた。このことはICRPの勧告の中できわめて重要な役割を果たすことになる。

(2)ICRPの勧告が出され、それまであまり明確でなかった防護・管理の概念が、“as low as possible”と具体的に示された。これによって許容線量内といえども可能な範囲で被曝線量を引下げようとする防護・管理を行うことが定着することになった。以前の放射線障害防止の目的は前提条件に変わって来た。このことは現在の“as low as reasonably achievable”に至るまでに、“possible”

→“practicable”→“readily achievable”→“reasonably achievable”と変ったものの“as low as…”という基本的概念は変わっていない。また、低レベル放射線被曝による人体への影響についての知見がさらに深まるにつれて線量限度内の被曝線量では個人のレベルの放射線障害を臨床的に特定できないことがわかってきたことから、健康診断による防護・管理の担保の意味がなくなった。したがって、防護・管理は許容線量内で種々の管理基準を設け、基準に応じた防護・管理の具体的方法を定め、これを確実に実行することと、これを確認するモニタリングを行うことが防護・管理のおもな仕事になった。健康診断は日常の健康管理を行うという広い視点から定期的に検査することに意味があるとされるようになった。外部被曝管理の研究・開発は、正確なモニタリングが主テーマで進められた。被曝管理対象者が原子力の専門家や放射線の影響についての知識を持っている人達から、大規模施設である原子力発電所などでは一般の産業等に従事する人々まで拡がり、その数も多数になって職業上被曝する者の範囲が広がった。個人個人は管理基準を守るなどによって許容線量を超えることはないが、総被曝線量(人・レム)の増加率が大きくなった。このような状況の変化に対応する防護・管理の方法に種々の工夫が加えられていった。

(3)ICRPはそれまでの考え方を整理して、1977年に正当化、最適化、線量制限の三本を支柱とした勧告を出した。この勧告には一部の専門家の研究領域に限られていた「リスク」を定量的な道標とし、大胆な単純化がなされている。防護・管理では年線量限度の3/10以下では個人モニタリングを、また、1/10以下では記録も必要としないなど、軽微な部分を明確に区分している。また、

*1 日本原子力発電株式会社; 東京都千代田区大手町 1-6-1 (〒100)

The Japan Atomic Power Company; 6-1, Ohtemachi 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100.

被曝限度を守るための種々の労働条件の制限や短期間の限度の廃止など防護・管理の実施にあたり管理者の裁量を大幅に許したものになっている。なお、正当化については、放射線作業が早くから許可や事前届出のシステムをとっていたことからこの許可等手続の中で「なぜこの作業が必要か」を問うことが日常的に行われており、特に新しいシステムが導入されたとは考えられない。

2. 管理手法—1 被曝防護の三原則と被曝低減対策

防護・管理の考え方の変遷を見て来たが次に具体的な管理について見てみる。

(1) X線や密封線源の取扱いについての防護・管理は、防護の三原則

①被曝線源と人体との間の遮蔽の設置

②被曝線源と人体との距離の延長

③被曝時間の短縮

を実行すれば実効があがる。

この三原則をどこまで実行するのが合理的か、また実際にどれだけ実行すべきかは、遮蔽について一部法令には一定線量率で設置するよう定められている他は、一般則もなく防護・管理する者の判断に委ねられていた。

(2)原子力開発の発展に伴って、それまでX線や線源を扱うこと自体が作業であったものが一般的な作業を実施することに伴って被曝するという形態に変ってきた。原子力発電所のような大型原子力施設では、作業に伴って被曝する者が原子力の専門家や放射線の技能者でなくなった。

このことから三原則の見直の結果、いわゆる「被曝低減対策」といわれるものが考え出され実行されて来た。これは三原則が被曝線源と人との存在、即ち、被曝することを前提にしているのに対して、線源あるいは被曝そのものの存在を根本的に問い質す立場に立った防護・管理である。これは最初から線源と被曝を是認するのではなくて「被曝低減対策」を経済的、社会的に許される範囲内で実行する。その後、更に三原則に適用するものである。この被曝低減対策について原子力発電所を例にして述べる。

①被曝線源の発生の防止/低減

利用する線源（たとえば核燃料や核分裂生成物など）の閉じ込めや誘導放射能となる鉄材等の原材料の持込の防止や低減させる対策である。

②被曝線源の作業現場への移行の防止/低減

核分裂生成物や誘導放射能などの被曝線源が作業者の作業対象物や作業現場近辺に出て来ることを防止する。あるいは低減させる対策である。

③作業現場に存在する被曝線源の除去/低減

①、②の対策を実施してもなお、作業対象物や作業現場に存在する被曝線源をフラッシングやパーキング等の方法により取除くか低減させる対策である。また、作業着手前の機器の水洗や手掃きによる除染などもこの対策の一部である。

④保守・点検作業の不必要化 (Maintenance-free)、作業の機械化による人為作業の肩割り、および保守、点検の作業量の低減

人による作業を行わないという立場から、保守・点検を必要としない機器類の使用、必要な保守・点検のロボット化、工業用テレビの活用、各種センサによる実施を、さらに、保守・点検の間隔の延長・点検頻度の低減を行うことである。

これらの対策は機器の信頼性の確保と安全・安定運転の継続という視点から、正当化と最適化を厳しく吟味し適用されなければならない。これらの対策は個々に独立したものではなく、同時、併行時に行われるべきものである。これらの対策に加えて、

⑤作業手順の改善・改良や工法の工夫あるいは保守・点検工具の改良による作業時間の短縮。

⑥工具等の使用による遠距離作業の実施。

⑦作業安全と作業実施を阻害しない範囲での遮蔽の設置。

など「三原則」の対策が講ぜられる。

この①から⑦までのうち①～④を積極的な防護・管理対策、⑤～⑦を消極的対策といえることができる。

3. 管理手法—2 具体的展開

この被曝低減対策の定着とともにその他の防護・管理手法の進歩がある。

被曝線源あるいは放射線発生装置を扱うこと自体が作業で、扱う者が専門家であったり放射線についてよく知っている者であった時には、あまり手法を細分したり、厳密な手順にしておく必要もなかった。原子力開発が進み原子力発電所のような大型原子力施設で一般産業に従事する人達が多くなるのに伴い防護・管理の手法は誰でも容易に実行でき、それで管理が十分であるような手法を大幅に取り入れて展開された。一般労働安全衛生における作業安全の確保の手法の導入である。

①作業の計画と防護・管理計画の立案

②作業の必要性の明確化、作業に伴う被曝線量の推定、被曝低減対策の検討

③他作業への影響の波及や干渉などの事前検討および調整ならびに計画の承認

④作業実施の許可（または事前の届け）と被曝低減対策など作業着手前の準備作業の実施。

⑤作業着手前の一連の実施事項確認。

⑥作業中、手順どおり実施していることの確認、作業中の作業環境モニタリングの実施、管理基準を超えないようにするための監視。

⑦作業後の除染や現状復帰。

⑧作業の集約、被曝線量、作業線量等の集計と計画値、推定値との照合とチェック・アンド・レビュー。

⑨次の作業計画への反映事項のフォロー。

この手法は、作業の軽重に応じて、省略や細分化などが行われ、実行されている。

4. 管理手法—3 管理基準

放射線作業に従事する者の被曝線量はどのような状況下であっても線量限度を超えさせてはならない。管理手法の中で重要な手法の一つとして「管理基準」の設定と運用がある。現行法令には年の線量限度はないが ICRP の勧告の年間5レムの基準を設定してこれを超えないよう管理する手法などの代表的なものである。この他管理基準に作業予定線量がある。これは

①一定期間内にあるいは一定期間中の作業単位ごとに

②作業を完成させるに必要な被曝推定線量を基に

③個人個人のそれまでの被曝状態を勘案して

④個人ごとに作業終了まであるいは一定期間中の作業予定線量を設定する。

⑤作業予定線量が一定値を超える場合、線量の大きさに応じ管理側の適当な職位の責任者の了解・承認を得る。

この管理基準は作業の状況や条件が変われば、そのつど変わるもので、制限や規制という性格をもったものではない。基準値は低い値からかなり高い値まで幾段階も設定されるのが普通である。1日100[ミリレム]、1週300[ミリレム]がよく知られている。管理側の了解・承認も現場の防護管理者から所長や事業所長などの最高責任者までレベルと重要さに応じて段階的に定められ、緻密な管理手法として活用されている。この管理基準の設定と運用は、当初、かなり粗く、事務的なものであったが大規模原子力施設の増加に伴って様々の工夫がなされ実効をあげている。

5. 管理手法—4 被曝監視

外部被曝防護・管理のうち、日々の被曝線量の監視は、ポケットチェンバー（ポケット電離箱）によって行うことから始った。ポケットチェンバーの充電・読取りを毎日、定時に一本一本管理側で行うシステムであっ

た。大型施設である原子力発電所では、さらに本人がいつでもその時点での被曝線量を知ることの必要性が加わり、多数のポケット線量計（ポケットドジメータ）を用いたシステムが運用に入った。その後熱蛍光線量計（TLD）の研究開発に伴って、管理区域立入管理装置と組合わせた自動熱蛍光線量計、立入管理装置に EDPS（Electrical Data Processing System）を付けた管理システムが構築されていった。また、設定した管理基準を超えないよう監視し、告知するため、被曝線量が設定値を超えると視覚的警報と聴覚的警報を出すアラームメータの開発が早くから進められた。当初は電離箱を用いた設定値が連続可変のものであったが種々の改良が進められ、本人が線量を読取ることができ、設定もより正確にできるアラームドジメータが作業員に幅広く用いられ、大規模に活用されている。被曝監視のための測定器は、手間暇をかけずに使用でき、苛酷な使用に耐え、着用・取扱いの負担を感じることなく取扱いやすいものでなければならない。

X線や γ 線のほか中性子線などが混在する場合には、X線、 γ 線の線量を指標とする管理が行われ、有効に機能している。

6. 管理手法—5 線量評価

個人個人の放射線被曝を[レム]単位で正確に求めておくことは個人管理業務の中で重要な仕事である。個人が一定期間、身体に装着していた測定器からの情報を基に、[レム]単位で被曝線量を求めるプロセスが「線量評価」である。線量評価は、フィルムバッジを主体に研究開発が進められ、主として線量限度との対比をするための値として求められて来た。

これからは、確率的影響や非確率的影響への寄与分を算出し、それぞれの限度と対比することが求められてゆくと考えられる。測定器や評価方法は多くの研究・開発が行われ、現在、種々の測定器が用いられ、様々の評価方法が用いられている。線量評価の手順が複雑で正確に求めることの困難さが比較的早い時期に認識され、第三者機関に依頼することが一般的になっている。

外部被曝線量評価の中では、器官や臓器の被曝線量の測定、 β 線の手指や皮膚の被曝線量測定、熱中性子線から速中性子線まで広範囲のエネルギー幅をもつ場合の中性子線の被曝線量の正確な測定・高エネルギーの γ 線や電子線の測定など、測定上の問題や[レム]の定義そのものに係る問題などまだまだ研究・開発の課題が多い。