解析ツリーの手法を用いた大学の放射線管理業務における マンパワーの現状分析と最適な配置の試み

別所 遊子*1, 草間 朋子*2

(1994 年 1 月 14 日受理)
(1994 年 3 月 24 日再受理)

Analysis of the Optimum Arrangement of Man-power in the Radiological Safety Section of a University Using Analytical Tree Method

Yuko BESSHO*1 and Tomoko KUSAMA*2

KEY WORDS : radiological protection, efficiency, optimize, man-power, rearrangement, analytical tree method, time study, priority, self estimation

1. はじめに

大学を含め放射線事業所における放射線管理業務は、日常的な業務を遂行することに追われる傾向にあり、業務全体が効率的に行われているか否かを評価する機会は少ない。放射線事業所における放射線の使用の状況、施設設備の状況、および、放射線管理要員の構成等は時間の経過とともに変化するので、放射線管理業務を定期的に見直し、効果的かつ効率的に放射線管理業務が行われているかどうかを自己評価することが必要である。

操業段階における放射線防護の最適化の解析を定性的に行う手法の一つとして、解析ツリーを利用して要素を系統的に分析する方法が、IAEA の Safety Series¹⁾ で提案されている。放射線防護のための解析ツリーとは、「あるべき効果的な放射線防護」を頂点に置き、それを

達成するために必要な要素を分析、列挙し、さらにそれを下位の細かい要素に分岐させた樹状図で、要素間の相互の関連性や妥当性を体系的に評価するために提案されたものである。そこで著者らは、実際に放射線管理を担当している大学(研究・教育機関)を対象として、放射線管理業務の効率化、とくに放射線管理業務における限定されたマンパワーを最適に配分するために、解析ツリーの手法を適用して放射線管理業務の現状分析を行い、その分析結果にもとづき、放射線管理業務の優先度(重要度)を考慮して、マンパワーの適切な再配置を含む放射線管理業務の改善策を作成した。

2. 放射線管理業務の現状分析の方法

2.1 調査の方法

マンパワーの最適配置を検討するために、まず放射線管理要員が実際に業務に係わっている時間の分析を行った。業務ごとの作業時間の現状を把握するために、時間調査用紙を作成し、年間を通じて比較的定常的な放射線管理業務が行われる1~3月の時期を選び調査した。調査期間中、各室員は毎日自己の業務内容を10分単位で記録した。

2.2 解析を行った事業所の特徴

解析の対象とした事業所は、主として医学生物学実験

*1 東京大学医学部放射線研究施設; 東京都文京区本郷 7-3-1 (〒113)

Radioisotope Research Institute, Faculty of Medicine, The University of Tokyo; 7-3-1, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan.

*2 東京大学医学部放射線健康管理学; 東京都文京区本郷 7-3-1 (〒113)

Department of Radiological Health, Faculty of Medicine, The University of Tokyo; 7-3-1, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan.

Table 1 調査対象とした大学事業所の概要

項目/区域	管理区域 1		管理区域 2		管理区域 3		計
面積 (m ²)	550		375		290		1,215
利用申請者数 (人)	97		97		17		211
延利用者 (人・日)	1,051		918		141		2,110
RI 入庫件数 (件)	94		71		6		171
使用核種	³ H	¹⁴ C	³² P	³⁵ S	⁴⁵ Ca	⁵¹ Cr	¹²⁵ I
使用数量 (MBq)	893		3533		2		48
							26

Fig. 1 放射線管理業務の解析ツリーと業務時間調査の結果

においてトレーサーあるいは有機化合物の標識の目的で、非密封 RI を使用する大学の医学部（事業所）で、その概要は **Table 1** に示すとおりである。RI を使用する施設（管理区域）は 3 カ所に分散しており、施設の合計面積は約 1,200 m²、調査期間中の施設の利用者数は 211 人で、延べ利用者数は 2,110 人・日であり、RI の購入（搬入）件数は 171 件で、核種は **Table 1** に示すとおりであった。

同事業所における放射線管理要員は、常勤職員 1 名、および 5 名の非常勤の要員で構成されており、5 名の非常勤室員の所定の勤務時間数は合計週 70 時間である。調査期間中に 6 名の放射線管理室員が実際に放射線管理業務に従事した合計時間数は、延べ 966 時間であった。

2.3 解析ツリーの作成

検討対象とした事業所における放射線管理業務のマンパワーの分析を行うために、放射線防護の解析ツリーをつぎの手順で作成した。望ましい放射線防護を達成するための第一段階の要素として、**Fig. 1** に示すように、「平常時の防護」と「事故時の防護」とに分類し、今回の検討では平常時の防護に関する放射線管理業務の改善について考察することにした。平常時の防護を、「作業員の防護」と「公衆の防護」の 2 つの要素に分類した。作業員の防護をさらに、①作業員の個人管理（被曝管理を除く）、②施設・設備の維持・管理、③線源管理、④モニタリング、⑤組織・運営、の 5 つの下位の要素に分類し、樹状図を作成した。各要素はそれぞれ、**Fig. 1** に示

さらに下位の要素に細分した。

3. 放射線管理業務の時間調査の結果

上記 2.1 の時間調査用紙を用いて調査した実際の業務時間を、解析ツリーの要素の区分に従って分類、集計し、各要素に費やした延べ時間数の合計延べ業務時間数に対する割合を計算し、図中に示した。

(1) 放射線作業者の個人管理

「放射線作業者の個人管理に関する要素」は、合計作業時間数の 7.4% を占めていた。この要素の内訳を調べた結果は、毎月 1 回行う新規の放射線作業者に対する教育・訓練の実施が 4.0%、新規放射線作業者の認定・解除の事務作業が 2.9%、健康診断の確認に関する作業が、0.5% であった。この期間内に、新たに認定および解除をした放射線作業者数は 25 人であった。

(2) 施設・設備の維持・管理

施設・設備の維持に関する業務は、全体の業務時間数の 17.2% を占めていた。さらに 5 つの下位の要素に分類した結果、設備の維持が 4.6%、設備の点検が 4.1%、消耗品の維持が 4.8%、施設の点検維持が 3.7% を占めていた。調査期間中に、人事院規則に規定された X 線装置および電子顕微鏡の定期的漏洩検査（毎年 1 回）が行われたため、本調査結果にはそれに関連した作業時間数も含まれている。また、放射線管理設備以外の共同利用実験機器類、および一般設備（電灯等）の点検と維持の業務時間もこの項に含まれている。

(3) 線源管理

線源管理に関する業務は、Fig. 1 に示すとおり、① RI の受入れ・譲渡、② RI の使用・保管数量の確認、③ 廃棄物の処理に関する業務に分類した。これらを合計すると業務時間の 25.7% を占めており、5 つの分類項目の中ではもっとも多く割合を占めていることが、改めて確認された。項目別に見ると、①の RI の受入れ・譲渡の許可、および記録の作成が 5.4%、②の RI の保管・使用数量の集計および記録は 9.7% であった。②の集計・記録は、利用者が保管および使用のつど記載する保管・使用記録から、パソコンの集計用プログラムを利用して管理室員が入力・集計しており、集計結果は RI の在庫管理、使用数量、貯蔵量の許可数量との照合、内部被曝線量の評価の目的で使用している。③の廃棄に関する業務は 10.6% であった。廃棄に関する業務は、作業者が実験室から廃棄物保管室へ放射性廃棄物を移動する際の立会い、廃棄の記録の集計、および日本アイソトープ協会による廃棄物の集荷の際の集荷記録票の作成、および集荷の立会いの業務が含まれている。

(4) モニタリング

モニタリングに関する業務は、①場所の放射線の測定・評価、②作業者の外部被曝線量の測定、および、③内部被曝線量の測定・評価の 3 つの下位の要素、および 5 つのさらに下位の要素に分類し、合計 21.2% を占めていた。「場所の測定」は、表面汚染測定・評価とその記録、基準値を超えた場合の除染等の業務が 9.4%、空間線量の測定は 1.5% であった。

「外部被曝」に関連する業務は、フィルムバッジの測定・評価記録の作成と、作業者への評価結果の通知が 6.2% で比較的大きな割合を占めており、この内フィルムバッジの配布・回収に伴う作業時間は 2.9% であった。「内部被曝線量の評価」は、作業者の個人ごとの実測は行わず、使用数量から計算により行っている。そのための放射線管理業務時間数としては 1.2% に過ぎず、相対的に小さな割合である。

(5) 組織・運営

組織・運営に関する業務は、Fig. 1 に示すように、法規制関連業務、学内外の連絡・交渉、施設運営に関する業務、一般事務業務の 4 要素に分類し、合計 20.8% の割合を占めていた。この中では、施設運営に関連する学部内委員会、施設利用者との連絡会議、管理区域への立入者の許可事務などを含む「施設運営」が 6.6%、施設運営経費に関する事務を含む一般事務作業が 7.0% であった。学内外の連絡業務は合計 7.2% であった。

(6) 公衆の放射線防護

公衆の放射線防護に関する要素は、Fig. 1 に示すように、①管理区域境界の監視、②放射性同位元素の排気管理、③排水管理、④管理区域境界の線量率管理に関する 4 つの下位の要素に分類した。それぞれ全体の業務時間数に対して、1.0、3.2、0.7、2.7% を占めており、合計 7.6% であった。

4. 放射線管理業務のマンパワーの配分に関する改善点

放射線管理業務の改善、すなわちマンパワーを再配分するに当たっては、現状調査の分析結果と、個々の放射線管理業務の優先度を考慮して改善策を作成することとした。

4.1 放射線管理業務の優先度

放射線管理業務の優先度は、放射線管理の考え方や経験をもとに、Table 2 のように考えた。

(1) 優先度が高い放射線管理業務

(a) 線源の所在および数量の管理

放射線防護における個々の放射線管理業務の優先度は、線源一環境一人のネットワーク²⁾と関連させて考察することが有用であると思われる。放射線管理は、線源

Table 2 放射線管理業務の優先度の分類

対象\優先度	高	中	低
放射線作業者	線源管理 表面汚染管理 教育・訓練 施設維持・管理	場所の線量管理	外部被曝管理 内部被曝管理 健康診断 一般事務
公衆	排気・排水管理	管理区域境界管理	外部被曝管理

に対して行うのがもっとも重要で効果的である。したがって、管理の対象とする施設における RI の受入れ・譲渡の状況の確認, RI の所在および在庫量の把握の業務の優先度は高い。

(b) 表面汚染の測定と管理

非密封 RI を実験に使用する場合には、取扱いの過程で放射性物質の一部が作業環境や作業者に汚染として移行・拡散する可能性が高い。汚染を防止するための取扱い手順を作業者が守っているかを確認し、汚染の拡大を最小限に抑えるために、表面汚染の測定・評価の業務の重要度は高い。

(c) 教育・訓練

調査対象とした事業所は、非密封 RI を実験研究の目的で使用しており、使用する核種、数量、操作の状況が多種多様である。作業環境の汚染防止、あるいは作業者の被曝線量の低減に関して、作業者自身が安全に対する一定の意識をもっていることが必要な条件となる³⁻⁵⁾。したがって、新規に RI を使用するのに先立って作業者に対して行う教育・訓練、および定期的に繰り返し行われる教育・訓練が重要であり、それに関連する放射線管理業務の優先度も高い。

(d) 施設・設備の維持

事業所における放射線安全のレベルを維持するためには、施設の設計時の能力を維持していることが前提となる。能力が低下した場合には速やかに検知できることが必要である。このために、施設・設備を維持するための業務の優先度が高い。

(e) 公衆に対する放射線防護

施設外の公衆に対する放射線管理業務は、施設からの放射性物質の放出管理と管理区域境界の監視の重要度が高い。

(2) 優先度が低い放射線管理業務

(a) 作業者の被曝線量の管理

本事業所のように、主として非密封 RI を、生物化学実験のトレーサーとして、あるいは生理化学物質の標識

(合成) などのために使用する場合には、通常の作業状況では、作業者が決められた作業手順を守れば、作業者の外部被曝線量はきわめて低く、被曝管理の重要性は低い。放射線健康診断も同様の理由で重要性は低い。ただし、比放射能が高いβ線核種を小型の樹脂容器に入れて手で操作する場合には手指の局所モニタリング⁶⁾が、また、無機のヨウ素化合物を用いた標識実験の際には内部被曝モニタリング⁷⁾が必要とされる。

(b) 施設の運営および一般事務作業

施設の運営、および一般事務業務は、放射線管理室よりも事業所の施設の運営を担当する組織、あるいは事務部門が行うのが適当であり、優先度は低いと考えられる。

4.2 放射線管理業務のマンパワーの再配分

(1) 時間調査の結果明らかになった現在のマンパワーの配分の問題点

3.1 で述べたとおり、放射線管理業務の時間調査の結果の解析ツリーによる分析結果と、放射線管理業務の優先度を比較検討した結果、現状のマンパワーの配分に関して、次の点が明らかになった。

① 線源の所在および数量の管理、表面汚染の測定と管理、公衆に対する放射線防護の業務は優先度が高く、とくに前二者は現在の業務時間数も大きな割合を占めており、とくに問題はない。

② 施設・設備の点検・維持に関する現在の業務時間数は必ずしも少なくないが、これには研究用の放射線測定器の維持等も含まれているため、放射線施設・設備の点検に関する時間数は現在よりも増加する必要がある。

③ 作業者の外部被曝線量の測定、施設運営、一般事務に関する業務時間数は、優先度は比較的低いにもかかわらず現在の業務時間数が多いため、検討し直す必要がある。

(2) マンパワーの再配分を行うに当たって考慮すべき事項

放射線管理業務におけるマンパワーの再配分を検討す

るに際しては、放射線管理業務の優先度以外に、次のような事項も関連する。

- a. 新たにマンパワーを増加することが可能であるか。
- b. 外部サービスや省力化機器の導入でマンパワーの代替が可能であるか。

本事業所の場合、a, bの選択肢は経費の増加をとменуため当面実現が困難なので、現状のマンパワーの合計量を維持することを前提に、最適な再配分案を作成することを試みた。

(3) マンパワーの配分の改善策の作成

1) マンパワーの配分を増加する項目

「放射線施設の点検」業務の頻度を増加し、点検の際には、施設・設備の破損箇所等の異常の点検だけではなく、作業者の施設の使用の状況の巡視を含めることとする。これは、施設点検の業務時間数の増加であるが、作業者に対して具体的な作業状況に即した助言をすることができるため、現場における教育・訓練 (on-the-job training : OJT) の時間数の実質的な増加の意味も持っている。

2) マンパワーの配分を減少する項目

(a) 優先頻度の比較的低い作業者の被曝線量の管理、とくに「外部被曝の記録」の業務時間数が大きい。これを減少させるために、第1に、個人被曝線量記録のパソコンへの入力方式をパターン化し、入力作業の効率化を図る。将来的には、フィルムバッジ測定サービス機関から個人被曝線量記録を有料で入手することを検討する。

(b) 優先度は低いが、現状では作業時間として比較的大きい「施設運営」および「一般事務作業」は、将来は放射線管理室から事業所の事務部門に移行してゆくことを考慮する。

3) マンパワーの現状の配分を維持する項目

(a) 「線源管理」に関する業務時間は、前述のとおり現状ではかなり大きな割合を占めている。この業務の優先度は高く、マンパワーの現状の配分を維持するが、将来的にはコンピュータを利用した省力化を志向する。

(b) 「表面汚染管理」は、前述のとおり優先度の高い項目であり、現状どおり毎月作業者が1回、および放射線管理室が1回の合計2回測定を行う。この頻度は、放射線管理の経験から得られた現状にもっとも適した測定頻度と考えられるので変更する必要はなく、「公衆に対する放射線防護」とともに、現在の業務時間配分を維持する。

(4) マンパワーの再配分

(1)に述べた業務時間数の増加は、(2)に述べた時間数の

減少で補う。

5. 結 論

事業所における放射線管理業務に関して、監督庁あるいは監督機関による立入検査の際に改善事項の指摘・指導を受けることはあるが、日常的に専門的な第3者機関の助言や評価を受ける機会は少ない。解析ツリーの手法を用いて事務所における現行の放射線管理業務を自己分析した結果、必要な業務の見落としを発見し、また現行の管理要員のマンパワーの配置を再評価し、効率化を図るべき業務を発見することなどに役立てうることを、今回の検討で改めて確認した。

コンピュータなどの利用による放射線管理業務の機械化の程度や、放射線管理要員の知識・技術・経験などによって、放射線管理業務の優先度をどのように考え、限定されたマンパワーをいかに配分するかは、事業所によって異なり、個々の事業所で考慮すべき事項である。本研究で示したように、事業所における放射線管理業務を全体として評価した場合に、比較的優先度の低い業務に多くのマンパワーが配置されている現状を客観的に明らかにすることができれば、マンパワーの適切な再配分を検討する際にとくに役立つと思われる。

本研究で用いた、業務時間調査と解析ツリーを組み合わせた方法は、放射線管理業務の経験を活用して比較的簡便に行うことができ、しかも有用な方法であるので、今後もこの方法を用いて定期的に見直しを行いたいと考えている。

参 考 文 献

- 1) IAEA; Safety Series No. 101, 102 (1990).
- 2) ICRP; 1990 recommendations of the international commission on radiological protection, ICRP Publication 60 (1991).
- 3) 別所遊子, 甲斐倫明, 草間朋子, 吉澤康雄; 大学における放射線取扱者に対する教育訓練の進め方について—放射線取扱者を対象としたアンケート調査の結果に基づいて—, *Isotope News*, **6**, 18-23 (1988).
- 4) 別所遊子; 大学における放射線安全教育・訓練の進め方, 保健物理, **25**, 180-184 (1990).
- 5) 別所遊子, 杉本はるみ, 草間朋子; 大学における放射線作業者の安全に関する意識調査と調査結果の放射線管理実務への活用, *Isotope News*, **5**, 13-17 (1994).
- 6) 別所遊子, 福井 徹, 中川健朗, 草間朋子, 吉澤康雄; ^{32}P 取扱作業者の手指および眼 (水晶体) の放射線被曝管理に関する考察, 保健物理, **22**, 53-57 (1987).
- 7) 小西恵美子, 江口星雄, 吉澤康雄; ^{125}I 取扱者の体内汚染について—大学における経験から—, 保健物理, **22**, 173-177 (1987).