

JEAG4615 原子力発電所放射線遮蔽設計指針制定案 について

意見その1

19頁、図5-2：計算と実測のデータの例示があると理解が深まる。

対応

本指針は「遮へい設計の概要，遮へい設計基準線量率及びその考え方」を指針としてまとめたものであり，計算の具体例等については社団法人原子力学会発行の「ガンマ線遮蔽設計ハンドブック 1988年1月」，「中性子遮蔽設計ハンドブック 1993年4月」等を参照するべきものとしています。

このことを踏まえて，ご指摘の点を検討した結果，遮へい計算コードによる計算例を含むこれらの図書について解説5-3に記載することにしました。

意見その2

23頁 解説表5-1，5-2：スペクトルデータの計算例があると理解が深まる。

対応

本指針は「遮へい設計の概要，遮へい設計基準線量率及びその考え方」を指針としてまとめたものであり，計算の具体例等については社団法人原子力学会発行の「ガンマ線遮蔽設計ハンドブック 1988年1月」，「中性子遮蔽設計ハンドブック 1993年4月」等を参照するべきものとしています。

このことを踏まえて，ご意見に関してこのことを明確にするため，これらの図書について述べた解説5-3を追加することにしました。

意見その3

施工の結果についての品質確認をも書き込む方が良いと考えます。一般的に言って、遮蔽設計を行ったときには出来上がった結果について性能評価のための線量測定を行うものです。

対応

本指針は「遮へい設計の概要，遮へい設計基準線量率及びその考え方」を指針としてまとめているものであることから，ご指摘の点は範囲外です。（性能評価が遮へい設計活動において重要なことであれば，概要について触れておくのは悪くないと思いますが。）

上記のコメントは，施工後の品質管理の範囲と考えます。品質管理，性能評価としての内容は設計と異なる分野でまとめられるものと考えます。

意見その4

[p.9,1+2] 解説 4-3 : “ 管理区域外において実測で $2.6 \mu\text{Sv/h}$ を超える区域は、・・・ ” とありますが、現行法令の規定と矛盾した記述となっています。すなわち、現行法令では「3箇月間500時間の滞在で 1.3mSv を超える区域は管理区域とすること」を要請しており、 $2.6 \mu\text{Sv/h}$ を超えると想定される区域は当然管理区域として指定されていなければなりません。実測でそのような区域が発見されたとすれば、遮蔽設計が不適切であったということであり、管理区域設定の見直しを行うべきでしょう。

対応

現行法令では「三月間につき 1.3mSv 」を超える区域を管理区域とすることとされていますが、運用において、滞在時間が制限できる場所については、その滞在時間をもとに線量を評価することが許されていますから、そのような場所を管理区域とする際の基準線量率は、そうでない場所のそれよりも高く設定することが可能です。

なお、解説 4-2 について本文を以下の通り修正しました。

- (1) 管理区域に関する設計基準は、 $1.3\text{mSv}/3$ 月である。原子力発電所の管理区域境界で、作業者が常時滞在する区域としては、中央制御室、管理区域出入口等が考えられる。これらの場所については、作業者の3月間の滞在時間を500時間と想定し、

$$1.3 (\text{mSv}) \div 500 (\text{時間}) = 0.0026 (\text{mSv/h}) \\ (2.6 \mu\text{Sv/h})$$

を管理区域の設計基準線量率とする。

- (2) 放射線審議会の意見具申付属書 A では、「管理区域境界に係る線量評価に際しては、管理区域の外側で作業する者が滞在する時間を考慮するものとし、可能な限り現実的な値（最大500時間/3ヶ月、2,000時間/年）を想定するものとする。また、施設、装置の運転時間も考慮する。」との記載があり、運用上、設備構造や設備目的にしたがい合理的な管理を行い滞在時間に応じた設計基準線量率を設定し、設計に反映することができる。

したがって、常時滞在以外の場所であって、滞在時間を適切に管理することが可能な場合には、3月間の滞在時間に基づき設計基準線量率を設定する。

(例1)～(例3)同文

なお、設計で500時間/3月間以内で設計した場合、および既設炉にあっては実測値（500時間換算）で 1.3mSv を超える区域は、滞在時間の管理に関することを保安規定等に記載する。ただし、いずれの場合も人が立ち入るおそれのない場所（施設管理された建屋屋上等）についてはこの限りでない。

意見その5

[p.9,1+2] 解説 4-3 : “ . . . は、放射線管理上必要な立入制限を行う ” とありますが、本指針は「遮蔽設計に関わるもの」と銘打っていますので放射線管理に関わることに言及しない方が良いでしょう。“遮蔽”と“管理”は互いに相補的でありいわゆる trade-off の関係にあります。遮蔽に経費を注ぎ込めば管理業務は楽になり、逆の場合には管理が大変になります。遮蔽設計にあたっては設計方針の立案にあたって管理の方策との整合性を考えると共に方策選択の最適性を検討することが重要になります。従ってこの課題は重要ですが、設計指針の片隅で論じて良いものではないと考えます。立入時間の制限を課せられる“渡り鳥的来訪者”の被曝管理に誰がどのように責任を負うとするか、現場的に困難な課題が未だ十分には解決されているといえません。

対応

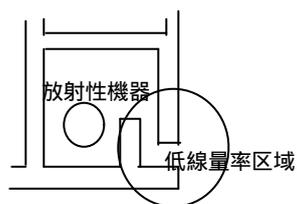
解説は守るべきことを記載するものではありません。ここでは、滞在時間を考慮した設計基準線量率を基に遮へい設計を行う場合の考え方を解説しているため、必然的に、このような基準線量率による場合には、前提条件である滞在時間を担保することについて触れているのです。

意見その6

[p.14,1+8~1+9] : “ 高線量機器室の出入口は、一般通路等の低線量率区域から線源を直接見込めないようにし、 . . . ” とありますが、この記述が正しいということは自明ではないように思います。「線源に照射されている面が直接覗けること」は問題にならないでしょうか？少なくとも高エネルギー加速器では成り立たない命題です。

対応

ご指摘のとおり、散乱面からの散乱放射線が問題となる場合があります。このため、「高線量機器室の出入口は、一般通路等の低線量率区域から線源を直接見通せないようにし、壁からの散乱放射線を防止するための迷路等を設ける。」と記載しています。



機器室入口の迷路構

意見その7

「5. 遮蔽計算」の次に「6. 遮蔽材の選択」とでも題して選択上の留意点や品質に係る制限などについても記述されるのが望ましいと考えます。例えば、コンクリートなどについて「密度が設計値と精度 $\pm 1\%$ 、確度 $\pm 1\%$ で合致していることを確認する」とでもすればよいでしょう。

対応

本指針は「遮へい設計の概要、遮へい設計基準線量率及びその考え方」を指針としてまとめているものであることから、ご指摘の点は範囲外です。

上記のコメントは、施工後の品質管理の範囲と考えます。品質管理、性能評価としての内容は設計と異なる分野でまとめられるものと考えます。

意見その8

“遮蔽”の表記について：従来からの慣習に従い「遮へい」と仮名交じりにしていますが、最近では新聞等に置いても漢字が多用され、必要に応じてルビが振られるようになってきています（理由のあること）。遮蔽や被曝も漢字で表記される方が好ましいと考えます。

対応

軽水炉における法令、安全評価指針に用いられている用語は、“遮へい”、“被ばく”となっています。

本指針は、上記の用語で統一いたしました。

意見その9

5.3 遮へい計算コード

近年コンピュータ技術の発達に伴い、連続エネルギーモンテカルロ法による輸送計算が可能となっておりますが、5.4 項もあわせて読むとこのようなコードを設計に用いる事ができないように読みとれます。設計段階で過剰な遮へい物量を削減していく観点から精度の高い最新の知見が取り入れられるようモンテカルロ法等の取り扱いについても言及していただきたいと考えます。

対応

拝承。下記に示す文章等の修正としました。

5.3 遮へい計算コード（解説 5-3）

原子炉施設で取扱う放射線源から放出される放射線（中性子，ガンマ線）は，広範囲なエネルギー分布を有している。一方，計算コードの多くには，放射線のエネルギー群ごとに核データが収録され，作り込まれていることから，遮へい計算では，各系統・機器から放出される放射線を適切なエネルギー群に群分けして，計算する（解説 5-4）

表 5-1/5-2 の脚注，（注 2）を下記の通り記載変更します。

（注 2）計算コードの名称は例であり，同様の解析手法の計算コードも使用する。また，近年は 2,3 次元の詳細輸送計算コードや連続エネルギーモンテカルロ法コードも利用可能である。

意見その10

解説 5-2 エネルギー群

エネルギー群の例が遮へい体と放射線の種類別に記述されているものの、その設定根拠が記載されていないため応用が利きません。例えば、中央制御室遮へいについて BWR と PWR では線エネルギー群の分割が大きく異なっているが両者のエネルギー群を変更しなければならなかった根拠が理解できません。これは、単純に BWR と PWR の現状を述べたものと思われませんが、本指針の利用者には無用の混乱を招く恐れがあります。エネルギー群数をどのように設定するべきか基本的考え方を根拠とともに示していただくと有益です。

対応

本指針は「遮へい設計の概要、遮へい設計基準線量率及びその考え方」を記載したもので、計算の具体的技術指針ではありません。

線源のエネルギー群の設定は、設計の観点から適切な群数を選択すべきとしていますが、BWR と PWR 設計における設定の相違は、これらの炉型の国内導入時から存在しており、設計メーカーのノウハウであるため、これらの整合性を図ったことはありません。

なお、例えばガンマ線のエネルギー群については、線源のエネルギー分布や遮へい材のガンマ線の線吸収係数などにより、遮へい計算結果が非安全側とならないように設定します。また、ガンマ線エネルギー群を多群とすることにより計算精度の向上が図られますが、数群に分類し、各群の代表エネルギーを高めに設定するのが一般的です。

意見その11

5.4 計算モデル

モデルとしては、線源強度、放射線エネルギー、遮へい配列に関するノウハウは記述されていますが、例えば、点減衰核積分法であれば線源形状、線源や空間のメッシュ分割に関するもの及び点減衰核積分法で用いるビルドアップなどのモデル化についてポイントを示しておく必要があるのではないかと感じます。輸送計算コード、点減衰核積分コード、散乱線計算コード（あるいはモンテカルロ計算コード）毎にモデル化のポイントが異なると思うので、それぞれのノウハウを提示していただくと有益です。

対応

本指針は、「遮へい設計の概要、遮へい設計基準線量率及びその考え方」を指針としてまとめたものであり、計算コードに固有のモデル化のノウハウについては、各コードのマニュアルや社団法人原子力学会発行の「ガンマ線遮蔽設計ハンドブック 1988年1月」、「中性子遮蔽設計ハンドブック 1993年4月」等を参照するべきものとしています。この方針に沿ってご指摘の点に関して見直しを行った結果、「5.3 遮へい計算コード」に対する解説として以下の文書を追記するとともに、「解説 5-2 エネルギー群」を解説 5-4 に変更することにしました。

解説 5-3 遮へい計算コード

計算コードの適用範囲・使用方法等については、各コードのマニュアルに記載されているが、社団法人原子力学会発行の「ガンマ線遮蔽設計ハンドブック 1988年1月」、「中性子遮蔽設計ハンドブック 1993年4月」等にも詳細が記載されており参考となる。

意見その12

図5.2 線源と遮へい体の体系

使用済燃料からは、崩壊ガンマ線しか放出されていないように記述されていますが、中性子も放出されておりますので、その旨表示ください。但し、本文中では、燃料プール中では、数mの水遮へい体によって中性子は減衰されることから、計算の計算の必要はないと記述して結構です。また、使用済み燃料輸送容器の遮蔽設計では別途、崩壊ガンマ線及び中性子の遮蔽計算を行うとすれば如何でしょうか。

対応

拝承。以下の文書を5.2.1(2)に対する解説として追加しました。
なお、解説5-1の追加によって5章の解説の付番を変更しました。

解説 5-1 使用済燃料について

使用済燃料からは崩壊ガンマ線，中性子が放出されるが，これが使用済燃料プール中に貯蔵されている場合には，この施設が中性子に対し十分な水，コンクリート遮へいを有することから，プール外における線量に対する使用済燃料からの中性子の寄与は，崩壊ガンマ線に比べて無視できる。

一方，使用済燃料が使用済燃料輸送容器に収納されている場合には，使用済燃料輸送容器の遮へい性能にも依存するが，その周囲の線量評価においては，崩壊ガンマ線及び中性子を考慮する必要がある。

意見その13

5.2.1 通常運転時の線源 (1) 原子炉で発生する放射線源表5-1及び表5-2
計算コードの関係

放射線輸送計算コードの例として、一次元S_n計算コードのANISNを上げられていますが、小さい炉心の研究炉ならともかく、発電用原子炉のような大きな体系に対して1次元コードをあげられるのはどうかと思います。最低限、二次元S_n計算コードをあげるべきではないでしょうか。(DOTコード或いはDORTコード)

輸送計算コードで使用する中性子・ガンマ線の断面積データの記述を付けては如何？

従来の遮蔽計算では中性子22群ガンマ線18群の断面積セットが使われることが多いですが、最新の核データに基づいたもっと多数群の断面積セットを推奨したらいいかがですか。

遮蔽計算における評価線量

遮蔽計算では、管理区域内は実効線量率の評価となりますが、敷地境界では実効線量率の評価ではなく空気カーマ率の評価になるのでしょうか？また、中性子に対する敷地境界の線量率も空気カーマで評価するのでしょうか？

ガンマ線点減衰核法における実効線量の評価法

従来のガンマ線点減衰核法に組み込まれた線ビルドアップ係数は照射線量に対するデータであり、実効線量を評価するには補正が必要です。その方法を記述する必要はありませんか？

対応

表に記載した計算コード名称は例であり、同様の解析手法の計算コードも使用することを明確にするため、表の注記を次のように変更しました。

(注2) 計算コードの名称は例であり、同様の解析手法の計算コードも使用する。また、近年は2,3次元の詳細輸送計算コードや連続エネルギーモンテカルロ法コードも利用可能である。

なお、現状の原子炉容器廻り遮へい体の遮へい計算は炉心を円筒近似して1次元解析で実施するのが一般的です。但し、原子炉容器の中性子照射量解析等は、二次元コードを使用しています。

本指針の使命に鑑みれば、計算コードについては検証例や実績のあるものを使用することを規定することで十分です。具体的な断面積セットを推奨することは適切でないと考えます。

「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について(平成元年3月27日 原子力安全委員会了承 一部改訂 平成13年3月29日 原子力安全委員会)」に基づき、ガンマ線の空気カーマを評価します。

軽水炉では、中性子による線量は、ガンマ線によるものに比べて無視できるほど小さいことから、その線量評価についてはこの指針にも記載していません。

本指針は「遮へい設計の概要、遮へい設計基準線量率及びその考え方」を指針としてまとめたものであり、計算の詳細については記載していません。なお、ご指摘の通り照射線量から実効線量への換算は必要であり、それについては、「実効線量評価のための光子・中性子・ベータ

線制動輻射線に対する遮へい計算定数」, 坂本幸夫 JAERI-Data/Code 2000-044(2001年1月)が公開されており、広く認知されているものと考えます。