

“放射線遮蔽計算に用いる材料組成（コンクリート編）（案）：202X”

公衆審査 伊藤 大一郎 様ご意見への回答

2026. 3. 4

一般社団法人 日本原子力学会

標準委員会

頂きましたご意見についての回答を以下に示します。

番号	ご意見		回答
	ご意見箇所	内容	
1	全般	建屋のコンクリート壁については一般的に鉄筋コンクリート構造と思いますが、今回の組成には鉄筋が含まれているのでしょうか。含まれている場合はどのような構造の鉄筋を考慮しているのか明記した方が良いのではないのでしょうか。含まれない場合は、鉄筋の影響をどのように考慮するのか記載する必要があるのではないのでしょうか。	<p>附属書 A の「A.6 この標準のコンクリート組成を遮蔽計算で使用する場合の考慮事項」に、下記の項目を追加しました。</p> <p>「e コンクリートに鉄筋が入っている場合の標準組成の使用方法について</p> <p>この標準のコンクリート組成は、鉄筋を含まないコンクリートを対象とする。建屋のコンクリート壁に対する遮蔽設計において鉄筋の存在は一般に無視されるが、設計者の判断によって鉄筋を考慮する場合は、配筋条件に基づきコンクリートと鉄筋を均質化した組成を使用することができる。」</p> <p>なお、鉄筋を含めた計算を行う場合、実際に配筋された鉄筋の位置は不確実であり精度確保は難しく、鉄筋とコンクリートを均質化すると、コンクリートのみの部分からの線量率を過小評価致します。</p>

番号	ご意見		回答
	ご意見箇所	内容	
2	P.5, 4.1	表 1 は、一般的な暴露環境での 60 年後の組成が示されていますが、異なる環境では当該組成と異なる場合があります。異なる環境であることを注記しておいた方がよいのではないのでしょうか。例えば、遮へい体としてコンクリートを缶体等に密閉された環境に打設する場合や逆に温度が高い使用環境に置かれた場合には、60 年後の組成が異なると考えられるため、別途考慮（試験等）が必要であることを注記した方が適切と思います。	<p>本文 p.5 に、下記主旨の説明を追記しました。</p> <p>① コンクリートの温度が高いほうが、水分が減少し遮蔽能力を減少させるため、温度条件は日本の環境条件勘案し、水分が移動しやすい条件としている。</p> <p>② 缶体等に密閉されたコンクリート（鋼板コンクリートなど）は、水分の減少が抑制されるため、遮蔽能力が維持される。そのため、水分補正式の対象外とする。</p>
3-1	P.6, 4.3 式 (2)	式 (2) で異なる壁厚に対する補正式が提供されており、非常に有用と思いますが、同式の使い方がよく分かりません。	本文 p.6、7 に記載しました通り、p.75 の附属書 D の D.4 に使用例が書いてあります。本文は、規定事項の記載のみとしたく、附属書を参照お願いします。

番号	ご意見		回答
	ご意見箇所	内容	
3-2	P.6, 4.3 式 (2)	<p>基本の壁厚 1500 mmを入力した場合、$AD_H = 8.0E-3$、密度は 2.161 となり、表 1 と一致しないように思います。</p> <p>使い方が間違っていると思いますが、誤解が生じないような記載にした方が良くと思います。</p>	<p>御指摘ありがとうございます。御座います。</p> <p>回帰式の係数の桁数が少なく、誤差が生じていました。回帰式の係数を 3 桁とし誤差が生じないように修正しました。</p> <p>併せて、公衆審査版では壁厚の変数は「T/T_0」で表しておりましたが、回帰曲線は線形式ですので、「1500-T」を変数とする下記の式に変更しました。この式では Y 切片が 1500mm の原子数密度となり、少し理解し易い式となったかと思えます。</p> <p>$H : 1.77E-06 \cdot (T-1500) + 7.71E-03$</p> <p>$O : 8.83E-07 \cdot (T-1500) + 4.22E-02$ (Si 系骨材)</p> <p>$O : 8.83E-07 \cdot (T-1500) + 3.31E-02$ (Ca 系骨材)</p> <p>単位重量 : $2.64E-05 \cdot (T-1500) + 2.156$</p>
4	P.9, 表 A.1	<p>表の 2 行目に、“A (%) B (%)・・・”と記載されていますが、表 A.2 と平仄を合わせた方が良くのではないのでしょうか (1 行目に“化学組成 (%)”として、2 行目に“砕石 A”とかとする)</p>	<p>これらの表は、引用した元文献の記載に合わせておりますので、このままにさせて頂きたく存じます。</p>

番号	ご意見		回答
	ご意見箇所	内容	
5	P.36～40	「単純化組成」と「基準値（標準組成）」の記載がありますが、記載を統一した方が良いのではないのでしょうか。	「基準値（標準組成）」は、1500mm 厚に対する水分を含む「標準組成」で、「単純化組成」は、壁厚を変化させた水分を含むケーススタディ組成との意味で使い分けていますので、このままの記載でご了解お願いします。
6	P.41, C.4 d)	「事前検討で、下記事項確認済みである」との記載があり、一つ目は「解説 2 第 2 章に示す。」との根拠が示されていますが、2 つ目、3 つ目については、解説 2 に根拠はないようです。参考文献を示すなどして根拠を明確にした方が良いのではないのでしょうか。	ご指摘のとおり、2 つ目、3 つ目については、組成変動による透過線量率への影響検討に対し、技術的に大きな影響は無いため、解説に説明を掲載しておりませんでした。しかしながら、判断根拠を掲載する方が文書として親切であると判断し、C.4 d)の 2 つ目、3 つ目に、「解説 2 第 6 章に示す。」、「解説 2 第 7 章に示す。」と追記し、事前検討の概要を、解説 2 に第 6 章と第 7 章として追加いたしました。

番号	ご意見		回答
	ご意見箇所	内容	
7	P.46～ 図 C.4～	折角のグラフの区別が非常に分かり難いと思います。特に ANL6643 のシンボルは図中のどこにあるのか分かりません。 例えば、P.62 以降と同様に色を変えるなどした方が良いのではないのでしょうか。	掲載する図表については、原子力学会事務局殿のご指導も仰ぎ、印刷費を考慮し、カラー図表でないと説明の意図が伝わりにくい図表のみカラーとする方針で編集致しました。 図 C.4～図 C.24 は、各ケースの一致度合いを見るためのグラフであり、カラーに戻しても重なったグラフは重なった状態となるため、このまま白黒で掲載させて頂くことご了解お願い致します。 なお、図 C.4 と図 C.5 は、ANL-6443 の凡例が明確になるよう差し替え、第 69 回専門部会コメント対応で、図 C.4～図 C.9 については、重なっているグラフについて注釈を加えました。
8	P.47, 下から 7 行目	「・・・Si 系骨材組成コンクリートを用いた場合、適度に保守的な遮蔽計算となることが分かる。」との記載がありますが、保守的かどうかは実測値との比較から判断できるものではないのでしょうか。実際には Ca 系のコンクリートを使うが、Si 系の組成で評価すれば、保守的な結果となるという話なのではないでしょうか。	この記載は、「遮蔽計算に用いるコンクリート組成」として、これまで使用した条件および今回検討した条件の中で、標準組成とした Si 系骨材コンクリート組成を用いた場合、遮蔽計算がより保守的な結果となるとの結論を述べたものです。掲載しました体系・線源での実験を行い比較したものではありませんので、ご理解お願い致します。 因みに、実機での放射線計測は、原子炉施設の試運転時や加速器施設の使用前検査などで実施しており、線源条件や評価条件の保守性もあり、従来組成でも測定値より保守的な結果になっております。従って、従来使用した組成で保守的な結果を与えるので、それよりやや保守的であることは適切な設定であると認識しております。

番号	ご意見		回答
	ご意見箇所	内容	
9	P.49 3行目	「・・・減衰率の比は0.767で・・・」との記載がありますが、有効数字は3桁あるのでしょうか。モンテカルロ法の計算結果の統計誤差等を考慮して不必要な桁数まで記載する必要はないのではないのでしょうか。	附属書Cの計算条件や結果・考察は、基本3桁で統一しております。但し、中性子やγ線スペクトルのように与えられた値は、出典の桁数としております。また、計算条件に使用してはおりませんが、コンクリート密度の記載は、3桁では四捨五入で違いが判りにくくなりますので、4桁表示にしております。
10	P.55、56	図C.16～18のみ他のグラフと書式が異なるので、整合させた方が分かりやすいと思います。	御指摘有難う御座います。図C.16～18の凡例を、図C.13～24の凡例に合わせ修正した図に差し替えました。多数の会社が共同で作成しておりますので、多少の差異はご了承お願い致します。
11	P.62～66	図C.25～30では、「基準値組成」が使われています。	表C.5に記載しました、「調合変動のコンクリート組成条件」に示しましたケーススタディの「基準値」に対応する計算結果として、「基準値組成」と表現しました。ご了解お願い致します。
12	P.80	解説2図1-1ではグラフが重なって区別が付きません。色を変えるなどとしては如何でしょうか。違いがないことを示すのが目的ということなら、それを文章に記載すると明確になるのではないのでしょうか。	御指摘の通り、「差異が無い」ことを示すのが目的で御座います。もともとは色付きでしたが、前述同様に印刷費用削減で、グラフの使用目的を勘案し白黒に変更致しました。ご指導に従い、解説2文中に、「差異が無い」ことを追記いたしました。

“放射線遮蔽計算に用いる材料組成（コンクリート編）（案）：202X”
公衆審査のご意見を受けた標準への反映結果

番号	公衆審査版	反映版	備考
1	<p>全般</p> <p>d) コンクリートの壁厚による補正</p> <p>対象施設において中性子の遮蔽を行う場合で、かつ、既存の類似設計又は施工上の制約などから特定の壁厚が想定される場合は、この標準のコンクリート組成の原子個数密度を附属書 D の D.3 この標準のコンクリート組成を指定した壁厚に対して補正する方法に示す方法によって必要に応じ変更することができる。</p> <p>参考文献</p> <p>[1] Osamu Kontani, Osamu Sato, Shohei Sawada, Takashi Igari, Keigo Fujikawa, Hisanobu Akatsuka, Ippei Maruyama, "Proposal for Standard Elemental Composition of Ordinary Concrete for Radiation Shielding Design," <i>Nuclear Engineering and Design</i>. Preprint. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5160133.</p>	<p>d) コンクリートの壁厚による補正</p> <p>対象施設において中性子の遮蔽を行う場合で、かつ、既存の類似設計又は施工上の制約などから特定の壁厚が想定される場合は、この標準のコンクリート組成の原子個数密度を附属書 D の D.3 この標準のコンクリート組成を指定した壁厚に対して補正する方法に示す方法によって必要に応じ変更することができる。</p> <p>e) コンクリートに鉄筋が入っている場合の標準組成の使用方法について</p> <p>この標準のコンクリート組成は、鉄筋を含まないコンクリートを対象とする。建屋のコンクリート壁に対する遮蔽設計において鉄筋の存在は一般に無視されるが、設計者の判断によって鉄筋を考慮する場合は、配筋条件に基づきコンクリートと鉄筋を均質化した組成を使用することができる。</p> <p>参考文献</p> <p>[1] Osamu Kontani, Osamu Sato, Shohei Sawada, Takafumi Igari, Keigo Fujikawa, Hisanobu Akatsuka, Ippei Maruyama, "Quantitative evaluation of material-dependent elemental composition in ordinary concrete for radiation shielding applications," <i>Nuclear Engineering and Technology</i>, Volume 58, Issue 3, March 2026</p>	

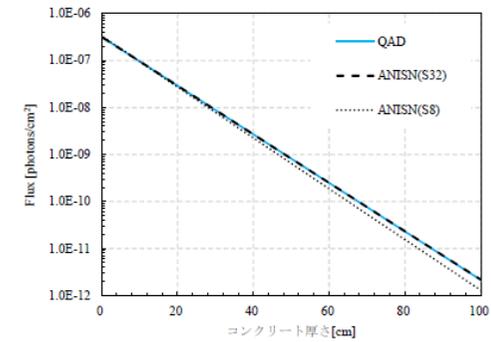
2	<p>P.5, 4.1</p> <p>4. 遮蔽計算に用いるコンクリート組成</p> <p>4.1 ケイ素系コンクリート及びカルシウム系コンクリート組成</p> <p>この標準は、原子力施設及び放射線施設の設計段階で、コンクリート組成が決定していない場合に使用することを想定している。国内の骨材、セメント、混和材及びコンクリート調合を考慮して策定したケイ素系コンクリート及びカルシウム系コンクリート組成を表 1 に示す。設計一般においてはケイ素系コンクリート組成を用いることとし、設計の主たる対象施設がカルシウム系コンクリートを用いて施工することが判明している場合にだけカルシウム系コンクリート組成を用いることができる。</p> <p>表 1 に示したケイ素系コンクリート及びカルシウム系コンクリート組成は、国内軽水炉の炉心周りに設置された壁厚 1500mm のコンクリートに対して、打設後 60 年の時点で推定される残存水分量を含む。表 1 の組成を標準組成として規定する。</p>	<p>4. 遮蔽計算に用いるコンクリート組成</p> <p>4.1 ケイ素系コンクリート及びカルシウム系コンクリート組成</p> <p>この標準は、原子力施設及び放射線施設の設計段階で、コンクリート組成が決定していない場合に使用することを想定している。国内の骨材、セメント、混和材及びコンクリート調合を考慮して策定したケイ素系コンクリート及びカルシウム系コンクリート組成を表 1 に示す。設計一般においてはケイ素系コンクリート組成を用いることとし、設計の主たる対象施設がカルシウム系コンクリートを用いて施工することが判明している場合にだけカルシウム系コンクリート組成を用いることができる。</p> <p>表 1 に示したケイ素系コンクリート及びカルシウム系コンクリート組成は、国内軽水炉の炉心周りに設置された壁厚 1500mm のコンクリートに対して、打設後 60 年の時点で推定される残存水分量を含む。コンクリートの温度が高いほうが、水分が減少し遮蔽能力を減少させるため、温度条件は日本の環境条件を勘案し、水分が移動しやすい条件としている。また、缶体等に密閉されたコンクリート（鋼板コンクリートなど）は、水分の減少が抑制されるため、遮蔽能力が維持される。そのため、水分補正の対象外とする。表 1 の組成を標準組成として規定する。</p>	
3-1	<p>P.6, 4.3</p> <p>式 (2) (式の使用方法)</p> <p>回答ご覧ください。修正御座いません。</p>	—	

3-2	<p>P.6, 4.3 式 (2) (算出値の不一致)</p> <p>4.3 標準組成を指定した壁厚に対して補正する方法[8] コンクリートの壁厚を指定する場合は、表 1 に示した H 及び O の原子個数密度、並びにコンクリート密度を式 2 で表される線形回帰式に従って必要に応じ変更することができる。なお、この壁厚に対する補正は、対象施設において中性子の遮蔽を行う場合で、かつ既存の類似設計又は施工上の制約などから凡その壁厚が想定される場合を実施する。</p> $AD_H = 2 \times 10^{-6} \cdot T + 0.005 = 3 \times 10^{-3} \cdot (T/T_0) + 0.005$ $AD_O = 9 \times 10^{-7} \cdot T + 0.041 = 1.35 \times 10^{-3} \cdot (T/T_0) + 0.041 \quad (2)$ $Density_{standard} = 3 \times 10^{-5} \cdot T + 2.116 = 4.5 \times 10^{-2} \cdot (T/T_0) + 2.116$ <p>ここで、 T : コンクリートに指定する壁厚 (mm) T_0 : この標準のコンクリートの壁厚 1500 (mm) AD_H : コンクリートに含まれる H の原子個数密度 (atoms/(barn・cm)) AD_O : コンクリートに含まれる O の原子個数密度 (atoms/(barn・cm))</p>	<p>4.3 この標準のコンクリート組成を指定した壁厚に対して補正する方法[8] コンクリートの壁厚を指定する場合は、表 1 に示した H 及び O の原子個数密度、並びにコンクリート密度を式 2 で表される線形回帰式に従って必要に応じ変更することができる。なお、この壁厚に対する補正は、対象施設において中性子の遮蔽を行う場合で、かつ既存の類似設計又は施工上の制約などから凡その壁厚が想定される場合を実施する。</p> $AD_H = 1.77 \times 10^{-6} \cdot (T - 1500) + 7.71 \times 10^{-6}$ $AD_O = 8.83 \times 10^{-7} \cdot (T - 1500) + 4.22 \times 10^{-2} \text{ (Si 系骨材)} \quad (2)$ $AD_O = 8.83 \times 10^{-7} \cdot (T - 1500) + 3.31 \times 10^{-2} \text{ (Ca 系骨材)}$ $Density_{standard} = 2.64 \times 10^{-5} \cdot (T - 1500) + 2.156$ <p>ここで、 T : コンクリートに指定する壁厚 (mm) AD_H : コンクリートに含まれる H の原子個数密度 (atoms/(barn・cm)) AD_O : コンクリートに含まれる O の原子個数密度 (atoms/(barn・cm))</p>	
4	<p>P.9, 表 A.1</p> <p>回答ご覧ください。修正御座いません。</p>	—	
5	<p>P.36~40</p> <p>回答ご覧ください。修正御座いません。</p>	—	

6	<p>P.41, C.4 d)</p> <p>d) 付加的前提事項</p> <p>これまでの事前検討で、下記事項確認済である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・熱中性子に対する散乱則は、コンクリートでは過大側に評価しても1%未満で有り、この検討では考慮しない。事前検討内容を、解説2第2章に示す。 ・Sn法によるγ線源からのγ線線量率計算では、前方への方向性が強い為、Sn分点を大きくする必要が有ることが、コード間の解析結果比較で判明し、この検討ではγ線源からのγ線線量率解析ではS32としている。 ・計算コードによる解析結果の差異について、原子炉施設の中性子源及びγ線源を対象として検討した結果、100cm透過で10%程度以下の差異は生ずるが、コンクリート組成変動に対する線量率影響の結果には影響しないと判断した。 	<p>d) 付加的前提事項</p> <p>これまでの事前検討で、下記事項確認済である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・熱中性子に対する散乱則は、コンクリートでは過大側に評価しても1%未満で有り、この検討では考慮しない。事前検討内容を、解説2第2章に示す。 ・Sn法によるγ線源からのγ線線量率計算では、前方への方向性が強い為、Sn分点を大きくする必要が有ることが、コード間の解析結果比較で判明し、この検討ではγ線源からのγ線線量率解析ではS32としている。この事前検討内容を、解説2第6章に示す。 ・計算コードによる解析結果の差異について、原子炉施設の中性子源及びγ線源を対象として検討した結果、100cm透過で10%程度以下の差異は生ずるが、コンクリート組成変動に対する線量率影響の結果には影響しないと判断した。この事前検討内容を、解説2第7章に示す。 	
---	---	---	--

6. Sn法によるγ線計算でのSn分点について

同一材料のコンクリートのγ線実効線量率計算を中性子実効線量率計算と同じSn分点数を用いたANISN、MCNP及びQADで計算したところ、ANISNの結果に過小評価の傾向が見られた。γ線の透過は前方への方向性が強いので、Sn分点が少ない粗い角度分点では、スカラー線束を積分する精度が上がらないと考えられる。Si系絶乾のコンクリートに対し、⁶⁰Coからの光子1.332MeVのみの線束をANISN及びQADで計算したところ、Sn分点数が少ないときに線束の減衰が大きかったことが分かった。その結果を解説2図6-1に示す。



解説2図6-1 1.332MeVγ線に対するSi系絶乾コンクリートの線束

γ線実効線量率計算については、中性子の計算に用いたSn分点S8よりも多くする必要があるので、Sn分点を増やして線束の変動がほとんどなくなったのがS32のときであったので、γ線実効線量率計算ではこの分点数を採用した。その計算例を解説2図6-2に示す。

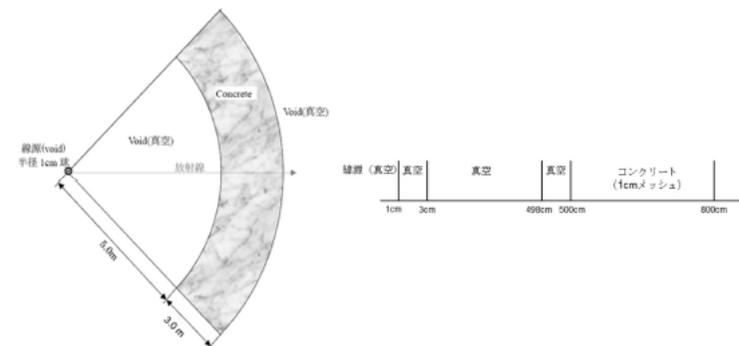
7. 計算コード間の差異について

計算コードによる解析結果の差異について、原子炉施設の中性子源及びγ線源により検討した。計算コードはMCNP5を使用し、コンクリート厚さ100cmまでの範囲をタリーした結果をANISNによる解析結果と比較した。

検討の結果、コンクリート100cm透過位置において10%以下の差異が生ずるが、コンクリート組成変動に対する線量率影響の結果には影響しないと判断した。

解析条件を解説2図7-1に、原子炉施設の中性子源の線減衰率の比較を解説2図7-2～解説2図7-3に、原子炉施設のγ線源の線減衰率の比較を解説2図7-4～解説2図7-5に示す。

No.	項目	条件
1	遮蔽計算コード	MCNP5 (中性子線源, γ線源)
2	ライブラリ	中性子: FSXLIB-J33 光子: mcplib84 電子: el03
3	評価体系	ANISN計算と同じ内半径500cm, 外半径800cmの1次元球殻モデル
4	中性子スペクトル	235U
5	γ線スペクトル	60Co
6	コンクリート組成	Si系及びCa系の壁厚1500mm組成
7	タリー	ANISN計算と同様にメッシュ分割し、コンクリート厚さ100cmまでのメッシュをタリーする。



解説2図7-1 原子炉施設の線量率解析条件

P.46~
 図 C.4~

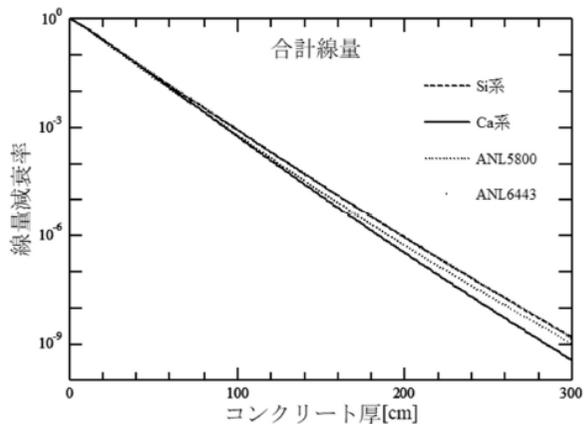


図 C.4 原子炉施設の中性子源の線減衰率の比較(合計線量率)

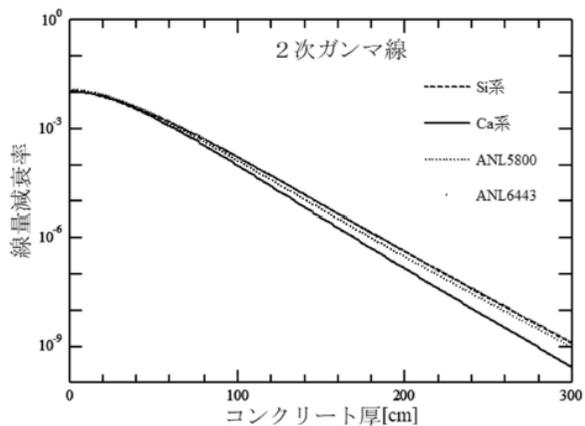
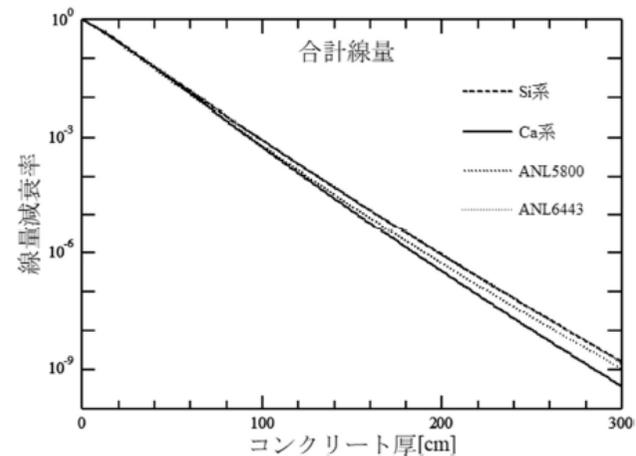
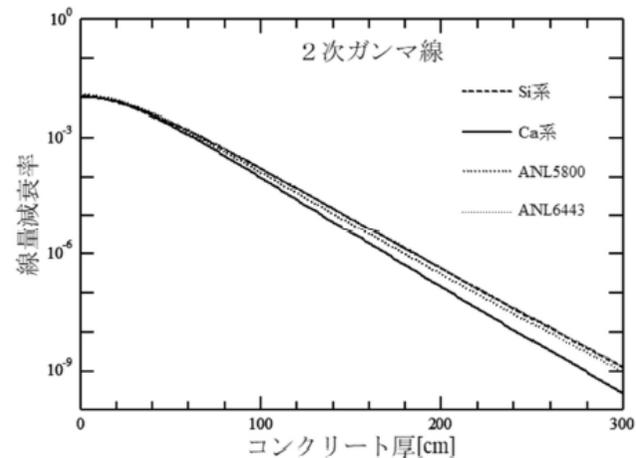


図 C.5 原子炉施設の中性子源の線減衰率の比較(2次γ線量率)



注) Si系コンクリートの減衰率はANL6443のそれとほぼ同程度である.

図 C.4 原子炉施設の中性子源の線減衰率の比較(合計線量率)



注) Si系コンクリートの減衰率はANL6443のそれとほぼ同程度である.

図 C.5 原子炉施設の中性子源の線減衰率の比較(2次γ線量率)

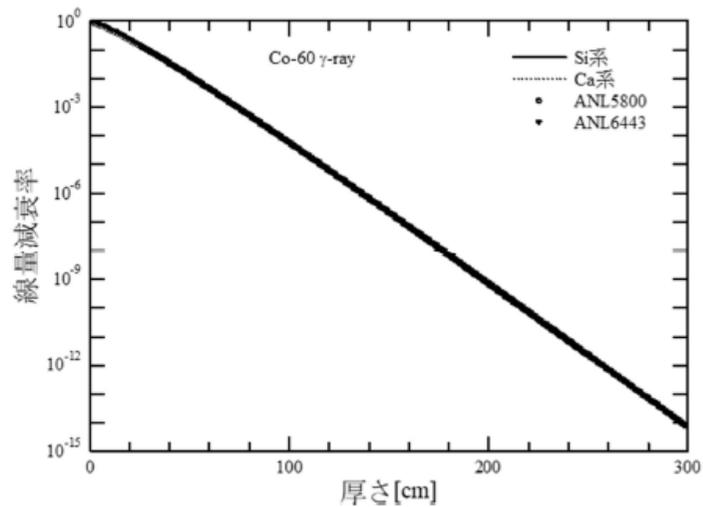
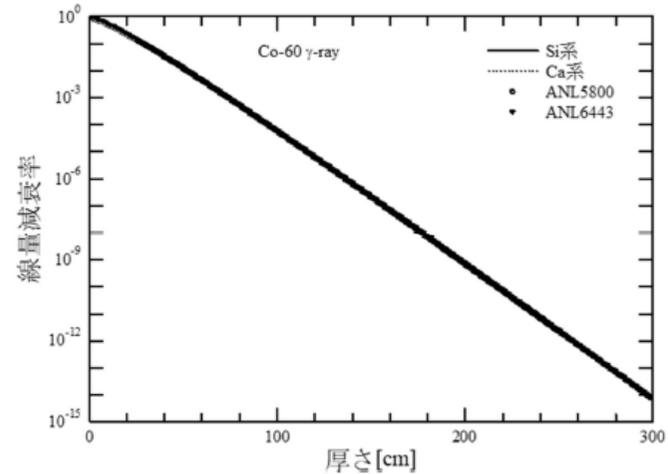


図 C.6 原子炉施設の γ 線源の線減衰率の比較 (^{60}Co 線源)



注) Si系コンクリートの減衰率はANL5800及びANL6443のそれとほぼ同程度である。

図 C.6 原子炉施設の γ 線源の線減衰率の比較 (^{60}Co 線源)

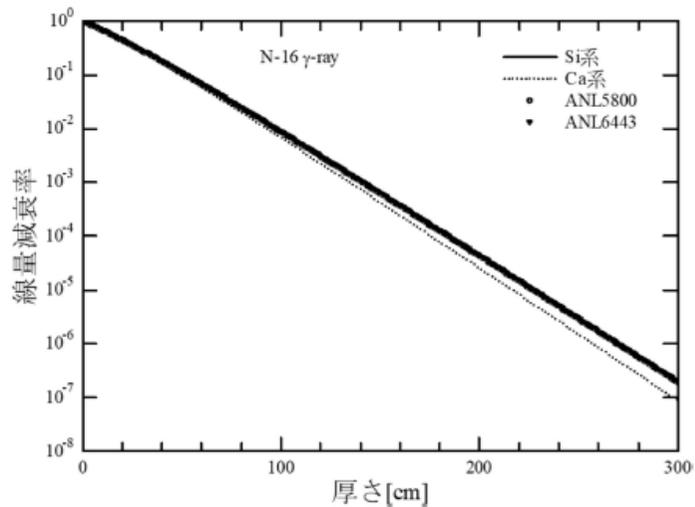
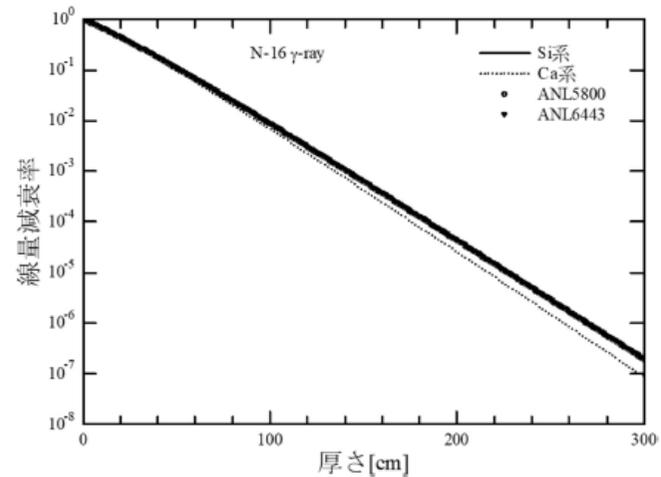


図 C.7 原子炉施設の γ 線源の線減衰率の比較 (^{16}N 線源)



注) Si系コンクリートの減衰率はANL5800及びANL6443のそれとほぼ同程度である。

図 C.7 原子炉施設の γ 線源の線減衰率の比較 (^{16}N 線源)

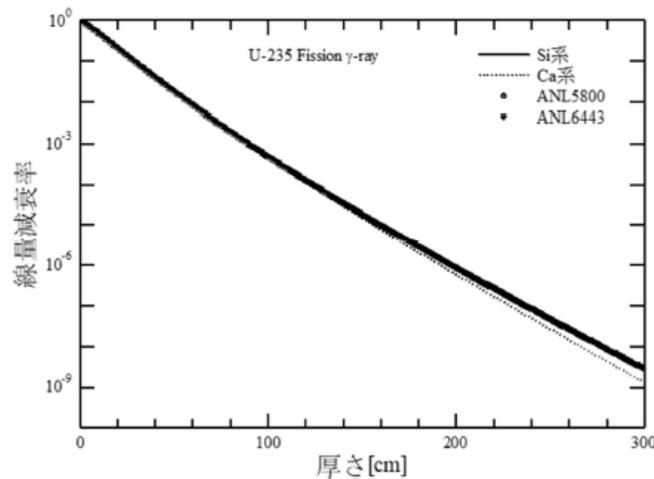


図 C.8 原子炉施設の γ 線源の線減衰率の比較(核分裂即発 γ 線源)

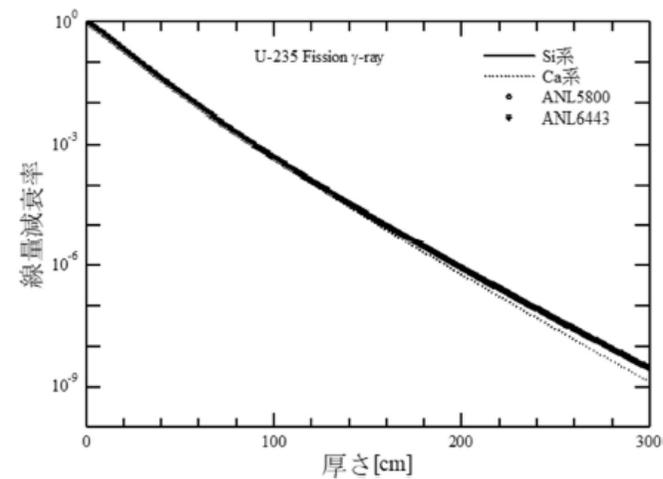
原子炉施設の γ 線源では、 ^{16}N と核分裂即発 γ 線源で Ca 系骨材組成コンクリートだけ減衰が大きくなっており、 ^{16}N 線源に対してコンクリート 100cm 位置で、ANL-6443 組成コンクリートに対する Ca 系骨材組成コンクリートの減衰率の比は 0.767 である。

これは、 γ 線エネルギーが 4MeV 以上で電子対生成の割合が大きくなり、電子対生成の断面積は原子番号の二乗に比例するため、原子番号 14 の Si に比べて原子番号 20 の Ca は電子対生成が多く発生する。そのため、放出 γ 線エネルギーが 6MeV と 7MeV の ^{16}N と、4MeV 以上の γ 線成分を含む核分裂即発 γ 線源では、Ca での減衰が大きくなっている。

ANL-5800 と ANL-6443 の組成コンクリートは、Si が主要組成であるため、Si 系骨材組成コンクリートと同程度の減衰率となっている。また、Ca 系骨材組成コンクリートとその他の組成コンクリートの違いについては、C は組成の比率が一桁大きく、Fe は一桁小さいが、コンクリート密度が同一であれば、光子の減衰には影響がないと考えられる。

3) 20MeV 以下の中性子発生源

中性子と 2 次 γ 線の合計線量率と、2 次 γ 線だけの線量率の減衰率を、線減衰率で比較した。中性子と 2 次 γ 線の合計線量率について図 C.9 に、2 次 γ 線だけの線量率について図 C.10 に示す。



注) Si 系コンクリートの減衰率は ANL5800 及び ANL6443 のそれとほぼ同程度である。

図 C.8 原子炉施設の γ 線源の線減衰率の比較(核分裂即発 γ 線源)

原子炉施設の γ 線源では、 ^{16}N と核分裂即発 γ 線源で Ca 系骨材組成コンクリートだけ減衰が大きくなっており、 ^{16}N 線源に対してコンクリート 100cm 位置で、ANL-6443 組成コンクリートに対する Ca 系骨材組成コンクリートの減衰率の比は 0.767 である。これは、 γ 線エネルギーが 4MeV 以上で電子対生成の割合が大きくなり、電子対生成の断面積は原子番号の二乗に比例するため、原子番号 14 の Si に比べて原子番号 20 の Ca は電子対生成が多く発生する。そのため、放出 γ 線エネルギーが 6MeV と 7MeV の ^{16}N と、4MeV 以上の γ 線成分を含む核分裂即発 γ 線源では、Ca での減衰が大きくなっている。

ANL-5800 と ANL-6443 の組成コンクリートは、Si が主要組成であるため、Si 系骨材組成コンクリートと同程度の減衰率となっている。また、Ca 系骨材組成コンクリートとその他の組成コンクリートの違いについては、C は組成の比率が一桁大きく、Fe は一桁小さいが、コンクリート密度が同一であれば、光子の減衰には影響がないと考えられる。

3) 20MeV 以下の中性子発生源

中性子と 2 次 γ 線の合計線量率と、2 次 γ 線だけの線量率の減衰率を、線減衰率で比較した。中性子と 2 次 γ 線の合計線量率について図 C.9 に、2 次 γ 線だけの線量率について図 C.10 に示す。

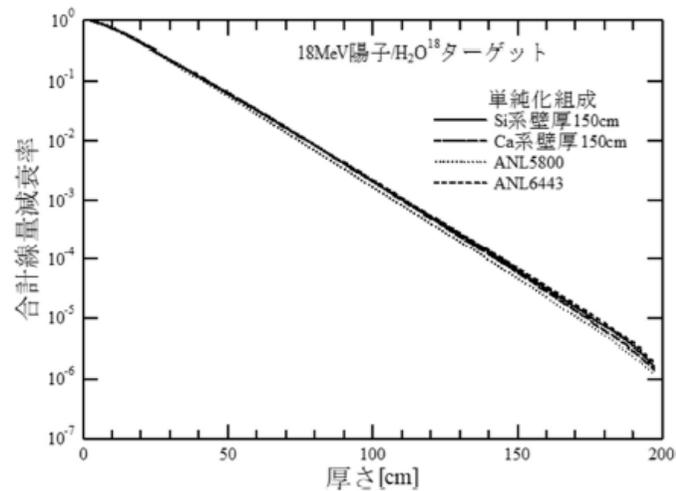
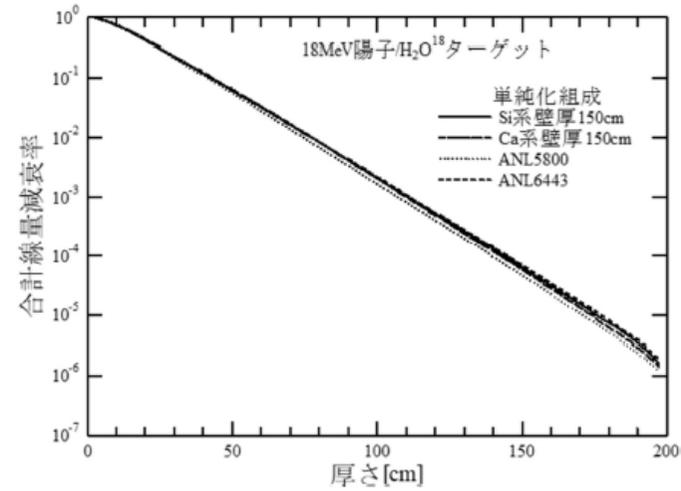


図 C.9 20MeV 以下の中性子発生源の線減衰率の比較 (合計線量率)



注) Si系コンクリートの減衰率はANL6443のそれとほぼ同程度である。

図 C.9 20MeV 以下の中性子発生源の線減衰率の比較 (合計線量率)

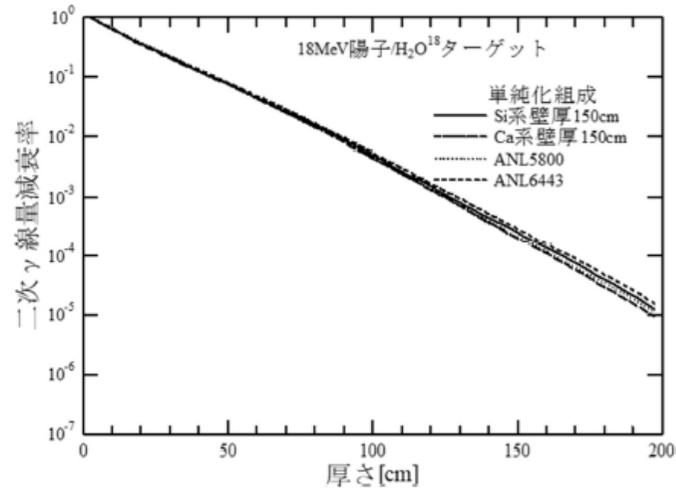


図 C.10 20MeV 以下の中性子発生源の線減衰率の比較 (2次γ線量率)

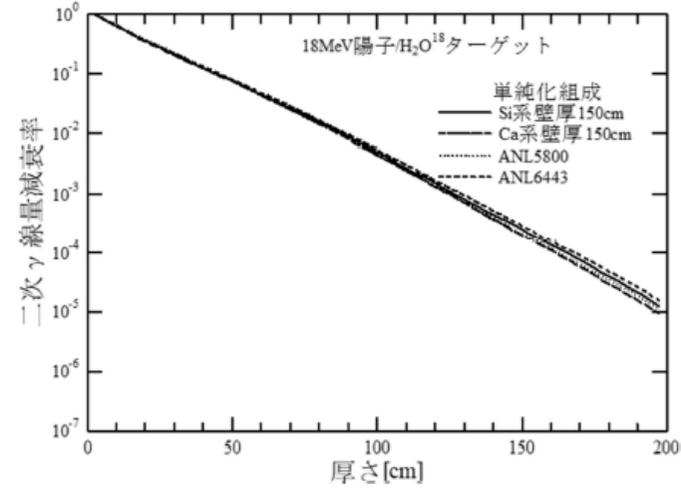


図 C.10 20MeV 以下の中性子発生源の線減衰率の比較 (2次γ線量率)

8	P.47, 下から 7 行目 回答ご覧ください。修正御座いません。	—	
9	P.49 3 行目 回答ご覧ください。修正御座いません。	—	

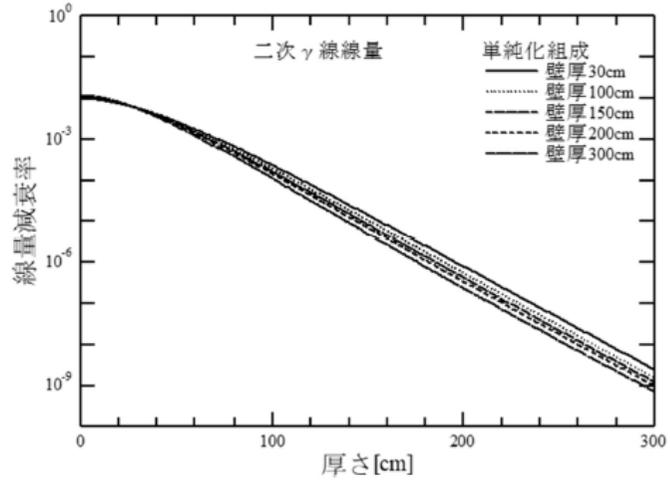


図 C.15 Si 系骨材組成に対する原子炉施設の線減衰率の比較(2次 γ 線量率)

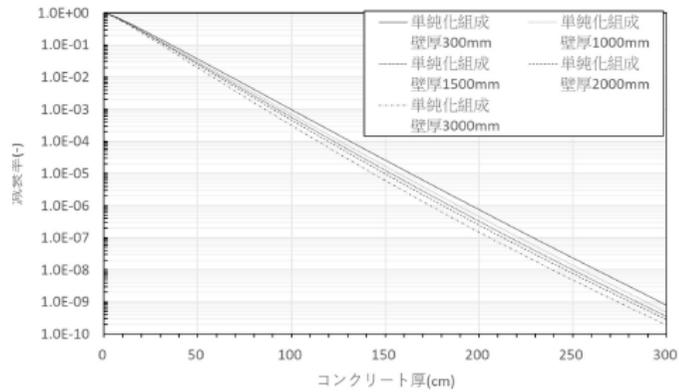


図 C.16 Ca 系骨材組成に対する原子炉施設の線減衰率の比較(合計線量率)

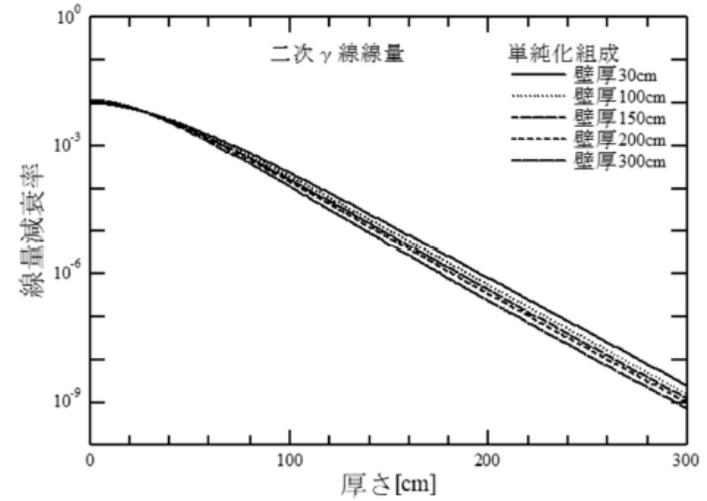


図 C.15 Si 系骨材組成に対する原子炉施設の線減衰率の比較(2次 γ 線量率)

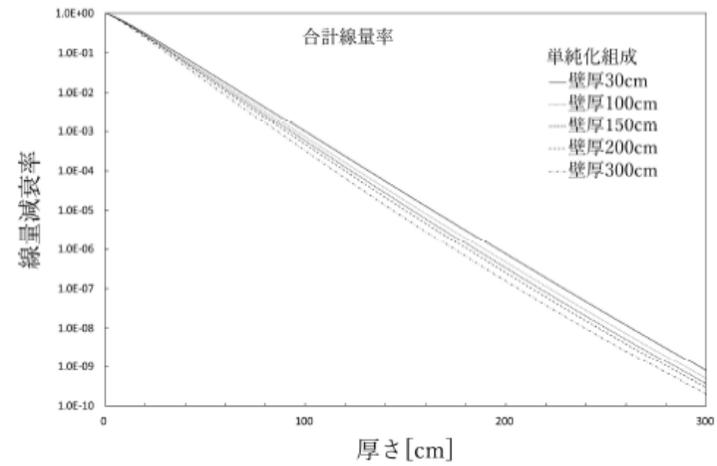


図 C.16 Ca 系骨材組成に対する原子炉施設の線減衰率の比較(合計線量率)

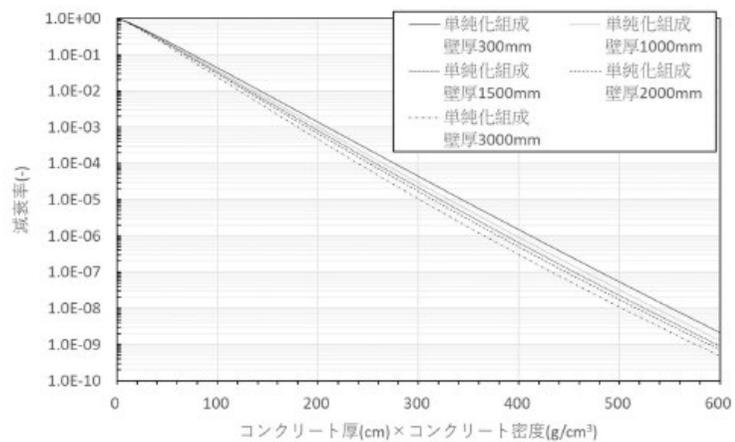


図 C.17 Ca 系骨材組成に対する原子炉施設の質量減衰率の比較(合計線量率)

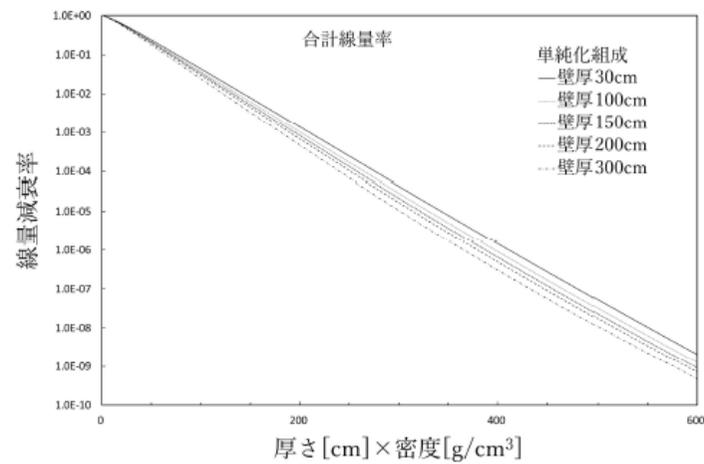


図 C.17 Ca 系骨材組成に対する原子炉施設の質量減衰率の比較(合計線量率)

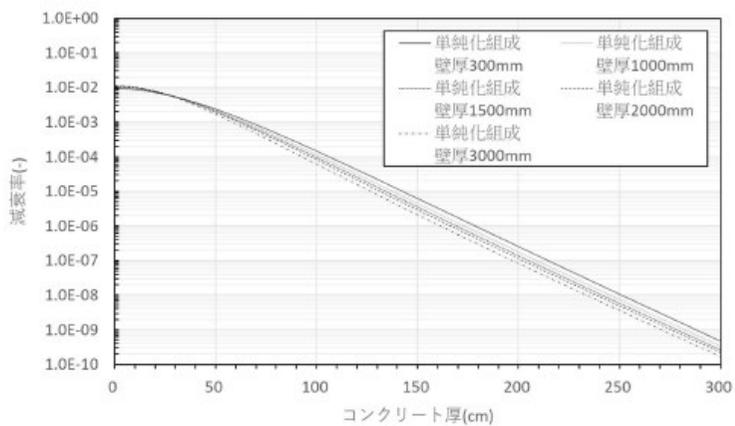


図 C.18 Ca 系骨材組成に対する原子炉施設の線減衰率の比較(2次γ線量率)

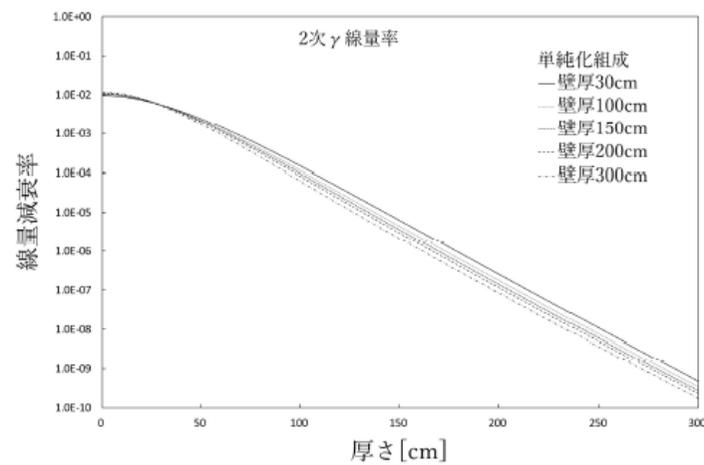


図 C.18 Ca 系骨材組成に対する原子炉施設の線減衰率の比較(2次γ線量率)

11	<p>P.62～66</p> <p>回答ご覧ください。修正御座いません。</p>	—	
12	<p>P.80</p> <p style="text-align: center;">解説 2</p> <p style="text-align: center;">組成の変動が放射線の透過線量率減衰に与える影響の事前検討について</p> <p>序文</p> <p>解説 2 では、標準組成検討及び附属書 C この標準組成の変動が放射線の透過線量率減衰に与える影響の検討のために、事前に検討した事項の内容を整理した。事前検討として整理した内容は、下記の事項である。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 代表線源の選択検討 ② 熱中性子散乱則の影響の検討 ③ ケイ素系とカルシウム系骨材中の鉄と炭素の遮蔽影響検討 ④ 単純化した絶乾・気乾組成と ANL 組成の比較 ⑤ 高エネルギー光子のコンクリート中の挙動調査 <p>1. 代表線源の選択検討</p> <p>1.1 中性子線源による差異</p> <p>中性子と 2 次γ線のコンクリート中の減衰率に対し、中性子線源の差異による影響を、事前に把握するために、2016 年当時検討した暫定コンクリート組成に対し、中性子線源別に実効線量率の透過率のケーススタディを実施した。</p> <p>その結果、中性子と 2 次γ線に対する ANISN の感度解析で、²³⁵U、²³⁹Pu、²⁵²Cf 線源、核分裂スペクトル、遮蔽透過スペクトルで、線量率の減衰比率はほぼ同様の傾向であった。遮蔽コンクリート入射後は、減速効果の影響が大きいため、線源の差異によるピークエネルギーの差異は、線量率の減衰効果には影響しないことが分かった。そこで、中性子と 2 次γ線に係る本検討では、中性子源は ²³⁵U で代表することとした。</p> <p>2016 年当時の暫定コンクリート組成は、解説 2 表 1-1 の「標準値」を用い、減衰率結果の事例として、²³⁵U、²³⁹Pu、²⁵²Cf 線源に対する計算結果を解説 2 図 1-1 に示す。</p>	<p style="text-align: center;">解説 2</p> <p style="text-align: center;">組成の変動が放射線の透過線量率減衰に与える影響の事前検討について</p> <p>序文</p> <p>解説 2 では、標準組成検討及び附属書 C この標準組成の変動が放射線の透過線量率減衰に与える影響の検討のために、事前に検討した事項の内容を整理した。事前検討として整理した内容は、下記の事項である。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 代表線源の選択検討 ② 熱中性子散乱則の影響の検討 ③ ケイ素系とカルシウム系骨材中の鉄と炭素の遮蔽影響検討 ④ 単純化した絶乾・気乾組成と ANL 組成の比較 ⑤ 高エネルギー光子のコンクリート中の挙動調査 <p>1. 代表線源の選択検討</p> <p>1.1 中性子線源による差異</p> <p>中性子と 2 次γ線のコンクリート中の減衰率に対し、中性子線源の差異による影響を、事前に把握するために、2016 年当時検討した暫定コンクリート組成に対し、中性子線源別に実効線量率の透過率のケーススタディを実施した。</p> <p>その結果、中性子と 2 次γ線に対する ANISN の感度解析で、²³⁵U、²³⁹Pu、²⁵²Cf 線源、核分裂スペクトル、遮蔽透過スペクトルで、線量率の減衰比率はほぼ同様の傾向であった。遮蔽コンクリート入射後は、減速効果の影響が大きいため、線源の差異によるピークエネルギーの差異は、線量率の減衰効果には影響しないことが分かった。そこで、中性子と 2 次γ線に係る本検討では、中性子源は ²³⁵U で代表することとした。</p> <p>2016 年当時の暫定コンクリート組成は、解説 2 表 1-1 の「標準値」を用い、減衰率結果の事例として、²³⁵U、²³⁹Pu、²⁵²Cf 線源に対する計算結果を解説 2 図 1-1 に示す。解説 2 図 1-1 に示すように線量率の減衰効果は、線源の差異によらずほぼ同一となっている。</p>	