

2023年4月28日

茨城県知事 様

防災・危機管理部原子力安全対策課企画防災グループ 様

東海第二原発地域科学者・技術者の会

泉 幸男¹⁾, 服部成雄²⁾, 多田健二³⁾, 宮武宇也⁴⁾, 花島 進⁵⁾, 天野 光⁶⁾

屋内退避の有効性を左右する被ばく低減係数に係わる質問書

1. はじめに

防災・危機管理部原子力安全対策課企画防災グループ（以下「企画防災グループ」という）におかれましては、県民の安全を守るため東海第二原子力発電所（以下「東海第二」という）における重大事故時の広域避難計画策定など災害対策に取り組んでおられることと思います。

東海第二の再稼働にあたっては、重々に慎重を期さなければならず、そのためには企画防災グループの担当者だけにその検討を負わせるのではなく、地域にいる多くの研究者・技術者、市民も広く協力して安全性を検証することが必要で、そのためにも基本的情報が公開されることが必須であります。

福島第一原発事故を重い教訓とする見地から、原子炉メーカ、研究機関で長く原発関連分野の研究・開発、設計、保全に携わった私たちは、県民の皆さんと東海第二原発再稼働に関して、真実の情報を共有する責務があると考えています。

原子力防災の基本方針に関しては、原子力安全委員会（以下「原安委」という）が1979年のTMI事故を契機に、原発周辺の防災活動について検討し、昭和55（1980）年に「原子力発電所等周辺の防災対策について」[1]（以下「防災指針」という）を決定した。平成11（1999）年ウラン加工施設において住民避難を必要とする臨界事故が発生し、防災の対象が原子力施設一般に広がり、防災指針の表題も「原子力施設等の防災対策について」に修正された。2011年3月の福島第一原発の事故を契機に原子力安全規制体制が抜本的に改革され、新組織として原子力規制委員会（以下「規制委」という）が2012年9月に発足した。原安委は廃止され、2012年10月に防災指針に変わる「原子力災害対策指針」（以下「対策指針」という）が定められた。貴企画防災グループにおいても基本的には、対策指針に基づき茨城県における原子力災害対策の在り方を議論、検討されているものと考えます。

対策指針では原子力災害時における広域避難計画において、PAZ および UPZ 内における「屋内退避」が有効かつ基本であることが強調されています。県民の安全を確保する上で、この「屋内退避」の実効性ある効果がどこまで期待できるか、多くの複雑な居住建屋が存在する社会環境の実態を踏まえると多くの懸念すべき事項があると考えています。特に「屋内退避」に係る事故時の県民の被ばく線量の推定にとって重要な数値である被ばく低減係数については、福島第一原発事故後の実測経験およびシミュレーション評価などに基づいて多くのデータが蓄積されました。ここにこれらの貴重な情報を貴企画防災グループに提供するとともに、対策指針における問題点を指摘し、貴企画防災グループとしての意見を伺いたく質問するものです。

¹⁾元原研放射線防護技術者、²⁾元日立原子力材料技術者、³⁾元日立原子力システム設計技術者、

⁴⁾元 KEK 研究者、⁵⁾元原研基礎系技術者、⁶⁾元原研研究者

2. 原子力災害時における周辺住民の防護対策の指標

原安委が1980年6月に制定した防災指針付属資料8表-1「浮遊放射性物質のガンマ線による被ばくの低減係数」および表-2

「沈着した放射性物質のガンマ線による被ばくの低減係数」を表-1[1]および表-2[1]に示す。福島第一原発事故においては、当然ながらこの防災指針の被ばく低減係数が適用され、住民の被ばく防護対策に使われた。すなわち、学校利用の判断にICRP 2007 勧告の参考レベル1~20mSv/年を暫定的な目安として、線量率3.8 μ Sv/h[2]及び年間1mSvを目指す除染計画の長期目標値から追加被ばく線量に相当する線量率0.23 μ Sv/hが算出された(注1)。

表-1 浮遊放射性物質のガンマ線による被ばくの低減係数

場 所	低減係数
・屋外	1.0
・自動車内	1.0
・木造家屋	0.9
・石造り建物	0.6
・木造家屋地下室	0.6
・石造り建物地下室	0.4
・大きなコンクリート建物(扉および窓から離れた場合)	0.2以下

表-2 沈着した放射性物質のガンマ線による被ばくの低減係数

場 所	低減係数
・理想的な平滑な面上 1 m(無限の広さ)	1.00
・通常の土地の条件下で地面から 1 mの高さ	0.70
・平屋あるいは2階だての木造家屋	0.40
・平屋あるいは2階だてのブロックあるいは煉瓦造りの家屋	0.20
・各階が約450~900m ² の面積の3~4階だて建物 1階及び2階	0.05
・各階が約900m ² 以上の多層建築物の上層	0.01

事故から12年、対策指針策定から11年が経過し、この間、被ばく低減係数に関して貴重なデータが得られつつあることから、40年以上前のデータIAEA TECDOC-225(1979)をそのまま使用するのではなく、事故時被災住民の安全を確保する観点から見直した上で対策指針に反映すべきと考える。

2.1 家屋の被ばく低減係数とは何か

原子力施設において大規模な事故が発生し、放射性物質が施設敷地境界の外へ放出され、放射性物質を濃厚に含むプルーム(注2)が風に乗って拡散した場合、広範な地域の住民が被ばくする。この被ばく経路には外部被ばくと内部被ばくの二種がある。外部被ばくの要因は、クラウドシャインとグラウンドシャインに分けられる。クラウドシャインとは、大気中に浮遊する気体(Xe-133)やエアロゾル状の放射性物質からの放射線被ばくを、グラウンドシャインとは、地表面等に沈着した放射性物質(I-131、Cs-134、Cs-137等とその化合物)からの放射線被ばくを意味する。内部被ばくは、大気中に漂うエアロゾルなどの放射性物質(I-131)を吸入摂取し、体内で被ばくすることを意味する。

家屋の被ばく低減係数とは、外部被ばくのケースは(家屋内線量率/家屋外線量率)の比率であり、0.0~1.0の間の値となる。家屋の壁などは外部からくる放射線に対して遮蔽効果を持つので、家屋内の線量率は低下する。この遮蔽効果が大きければ大きいほど低減係数は小さな値となり被ばく線量は低下するが、遮蔽効果が小さければ低減係数の値も被ばく線量も大きくなる。内部被ばくのケースは家屋の隙間から侵入した放射性物質の家屋内外の濃度比(甲状腺等価線量比)である。

(注1) 線量率3.8 μ Sv/hおよび0.23 μ Sv/hについては【参考資料】参照。

(注2) プルームとは、工場の高い煙突から大量に排気される煙のような、一塊の気体であり、風に乗って流され、次第に拡散していく。

これらの低減係数について、単純な発想で日本家屋の構造等を考えると、泉は、「1977 年代報告の欧米のデータとは異なるはずだ。日本の家屋では低減係数は欧米より大きいのではないか（防災対策における屋内被ばく線量は大きいのではないか）」と疑念を抱いてきた。

したがって家屋内に避難する場合の低減係数は、被ばく線量を大きく左右する重要なファクターであり、広域避難計画の立案にとってはその数値の評価は不可避的な重要性を持っている。

3 福島第一原発事故後における被ばく低減係数に係る実測・研究事例

福島第一原発事故後、外部被ばく低減係数に関して、多くの実測やシミュレーション解析などによる研究結果が報告されている。その中から主な 6 件の事例を紹介する。

- (1) Isotope News 2012 年 10 月号 No.702[3]
- (2) Web : xls-hashimoto の Excel 学 : 大熊町一時立入り時放射線モニタリング結果[4]
- (3) 経済産業省 警戒区域及び計画的避難区域における詳細モニタリング結果の公表について[5]
- (4) 福島県環境放射線モニタリング・集会所調査[6]
- (5) 「福島県内の学校等のモニタリング実施結果等」(校庭等の空間線量率) [7]
- (6) JAEA-Research 2014-003 環境に沈着した事故由来の放射性セシウムからのガンマ線に対する建物内の遮へい効果及び線量低減効果の解析[8]

以上の報告書を被ばく低減係数という観点からまとめると概要は以下の通りである。

3.1 東海村と周辺地域および福島市内の実測結果

泉らは、茨城県内の東海村と周辺地域および福島市内を対象に、事故後 9 ヶ月を経過した 2012 年 1 月 4 日～3 月 16 日の期間を費やして実測を行った。その結果より被ばく低減係数を求めて論文としてまとめ、Isotope News 2012 年 10 月号 No.702 に掲載された[3]。

この論文の主旨は、建屋の種類、構造別の被ばく低減係数が防災指針の値と比較して相違があることを明らかにする一方、3.11 時において、防災指針の値が学校や除染計画の線量率算出に適用されたことにより被ばく線量が過小評価になることを指摘したことである。

測定結果の主要な特徴を以下に示す。

福島第一原発と東海村間の距離は 110km、村内の空間線量率も放射性物質のプルームが通過した 3 月 15 日早朝の数時間は、Max.2.5 $\mu\text{Sv/h}$ を検知したが、実測していた期間内では 0.11~0.16 $\mu\text{Sv/h}$ を指示した。福島市内は、0.75~1.56 $\mu\text{Sv/h}$ と比較的高かった。

各地測定点のバックグラウンド (BG) は相違があることから BG を含む値でデータを処理した。一般住宅の木造建屋の屋外測定点は、線量率への影響が懸念される建物や樹木などの少ない平坦地を、屋内に関しては比較的居住時間が長い南側に面する部屋の中央部を選択した。測定値から求めた低減係数はばらつきがあるが、正規分布を仮定

表-3 建物の種類、構造別被ばく低減係数 Isotope News 2012年10月号 No.702 (抜粋)

県名	建屋の種類、構造		実測線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		被ばく低減係数	件数	
			屋外	屋内			
茨城	一般住宅	木造平屋		0.16 ± 0.04	0.10 ± 0.01	0.64 ± 0.12	16
		木造2階	1階	0.17 ± 0.05	0.11 ± 0.02	0.67 ± 0.13	53
			2階		0.10 ± 0.02	0.77 ± 0.11	17
		鉄筋コンクリート	1階	0.16 ± 0.02	0.14 ± 0.02	0.80 ± 0.08	13
	2階		0.12 ± 0.02		0.76 ± 0.14	13	
	コミセン*	鉄筋コンクリート	1階	0.13	0.12 ± 0.01	0.88 ± 0.11	8
	大型店舗等	鉄筋コンクリート	1階	0.12 ± 0.03	0.08 ± 0.01	0.72 ± 0.06	9
2階			0.09 ± 0.01		0.73 ± 0.07	9	
福島	ホテルマンション	鉄筋コンクリート	3, 5, 7階	0.75 ± 0.16	0.09 ± 0.01	0.12 ± 0.01	3
	ホテルデパートセンター**等	鉄筋コンクリート	1, 2階	0.75 ± 0.38	0.07 ± 0.01	0.09 ± 0.03	8
			3~12階	0.78 ± 0.20	0.07 ± 0.01	0.09 ± 0.03	11

* コミセン：コミュニティセンター **：センター：福祉センター

し、その平均値と標準偏差を求めた。測定対象の建屋の種類、構造、立地環境等は多種多様である。木造、軽量鉄骨造、鉄筋コンクリート造の一般住宅および鉄筋コンクリート造のコミュニティセンター、大型店舗、ホテル、マンションなどである。鉄筋コンクリート造の一般住宅は、2、3階建てで1棟に複数戸の構成が多い。

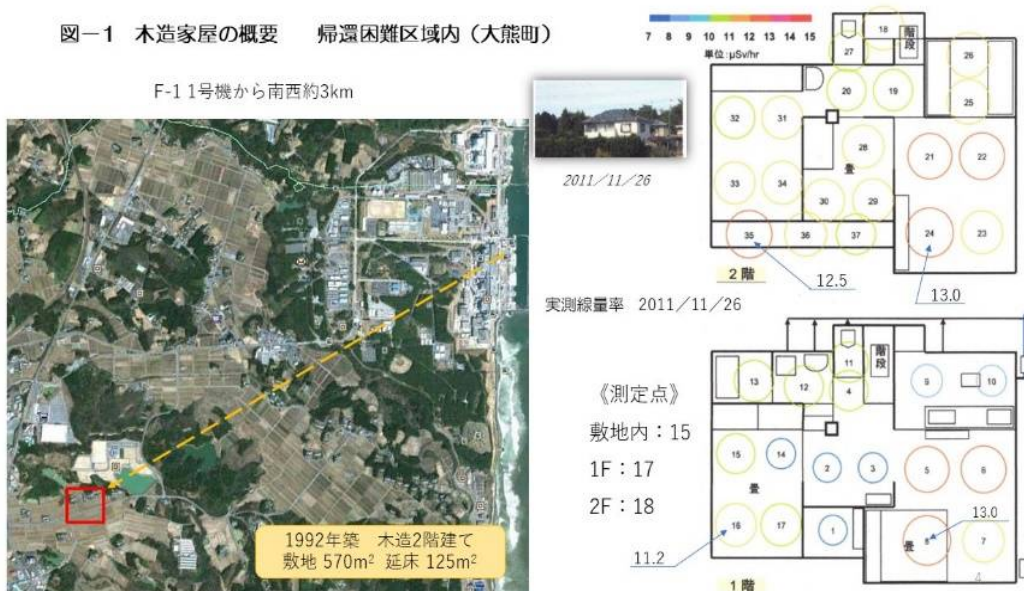
その結果、屋内外における線量率から、建屋の種類、構造別の被ばく低減係数の一部を表-3にまとめた。茨城県内の一般住宅木造家屋の平屋および2階層の1階と2階を総合した平均被ばく低減係数は、 0.68 ± 0.13 (計86件)で最小値と最大値はそれぞれ0.36、1.00であった。同じ鉄筋コンクリート造建屋2階層の1階と2階を総合した被ばく低減係数は、 0.78 ± 0.11 (計26件)であった。また、鉄筋コンクリート造コミュニティセンターも 0.88 ± 0.11 (8件)と高い値であったことは大きな特徴である。窓や出入り口等の開口部の面積が広く、ガラス製が大きく影響していると考える。すなわち実測結果は鉄筋コンクリート造建屋だからと単純に遮へい効果が大きいと判断するのは大きな間違いであることを物語っている。

一方、福島市内の鉄筋コンクリート造ホテル、マンション、デパートなどを総合した被ばく低減係数は、 0.1 ± 0.03 (計22件)であった。使用した測定器は、(株)堀場製作所製 PA-1000 Rad である。

3.2 大熊町木造住宅放射線モニタリング結果

木梨、橋本らは大熊町の帰還困難区域内で福島原発1号機から南西約3kmに位置する一般住宅2階木造家屋の実測を行った[4]。泉も途中から参加した。

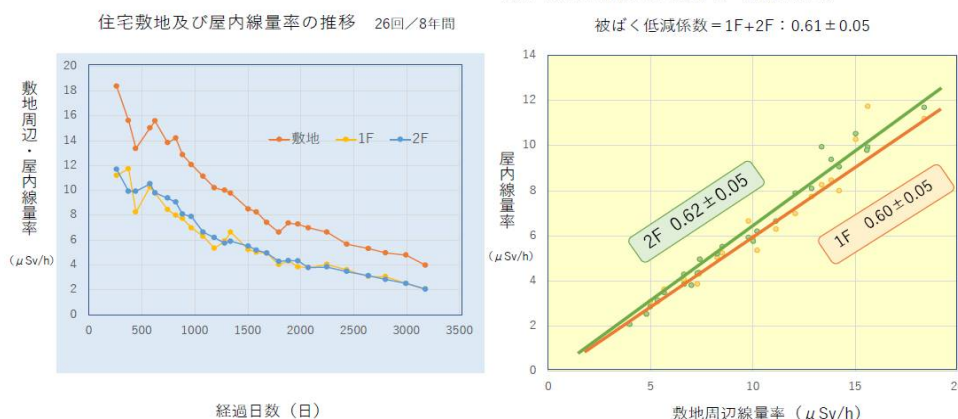
図-1 木造家屋の概要 帰還困難区域内(大熊町)



この住宅は1992年築(築18年)で、3.11東日本大震災時、地震により屋根瓦の一部が破損した。その後、南面のガラス戸が割られ、風雨の影響を受け続けた。最初の測定は2011年8月3日であり、当初は3ヶ月間隔の測定であったが2017年から6ヶ月間隔に変更し、中間貯蔵施設工事のため立入りが不可となった2019年11月23日を最後に、8年間26回におよぶ測定を行った。

図-1に当該家屋位置、測定点等を示す。

図-2 木造住宅敷地及び屋内線量率の推移と被ばく低減係数 (xls-hashimotoのExcel学の一部抜粋作図)



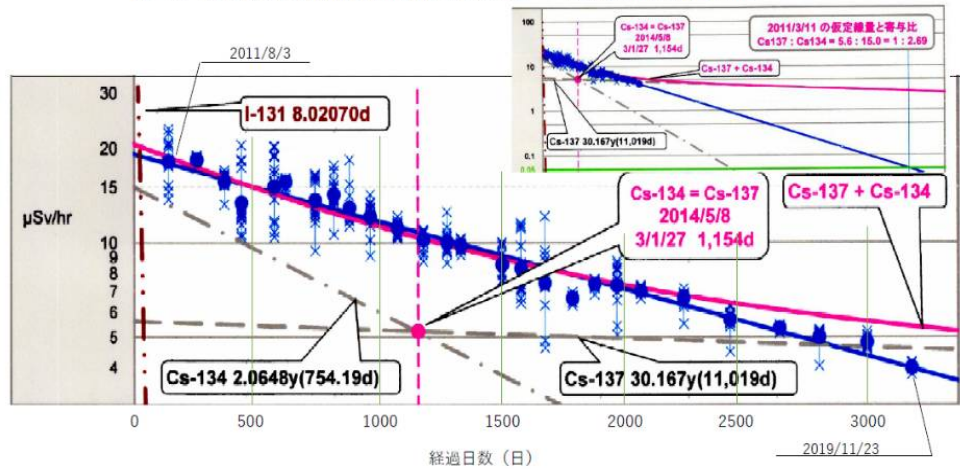
屋内外の点数は計 50 点であるが、被ばく低減係数は居住時間の比較的短い風呂場、トイレ、階段などは除いて評価した。初期時点の周辺線量率は 15~30 $\mu\text{Sv/h}$ であった。

木造住宅敷地および屋内線量率の推移とこのデータから算出した被ばく低減係数を図-2 に示す。1 階：0.60 \pm 0.05、2 階：0.62 \pm 0.05、1 階と 2 階を総合した係数は 0.61 \pm 0.05 と評価した。

図-3 に住宅敷地内の線量率の経時変化を示す。約 4 年間は、赤線で示した Cs-134+137 の合成減衰カーブに沿って減少したが、2016 年（事故後約

1,800 日経過）頃から緩やかな曲線にはならず、直線的に減衰した。この要因としては、住宅南側は中間貯蔵施設関連の工事が進行し、北側は搬入された廃棄物の一時保管敷地として、樹木を伐採し一面アスファルトが敷かれたことにあると考える。

図-3 帰還困難区域内住宅敷地内線量率実測例 xls-hashimotoのExcel学



3.3 経済産業省「総合モニタリング計画」

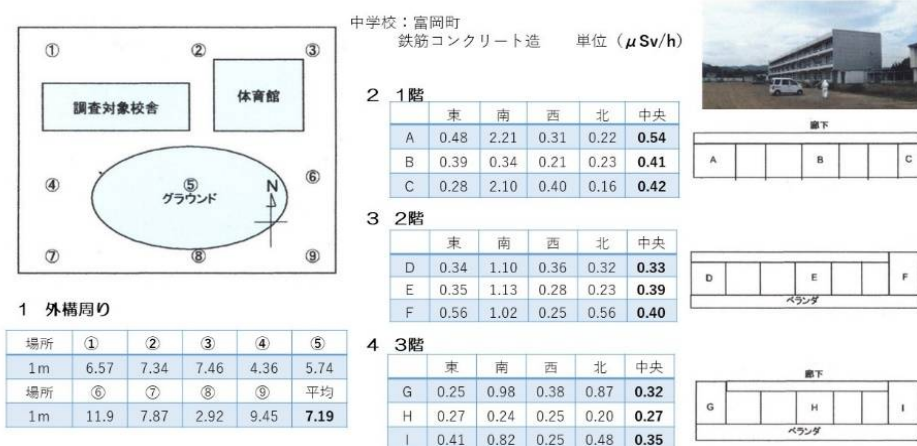
内閣府・原子力被災者生活支援チームおよび文部科学省において、「総合モニタリング計画」に基づき警戒区域および計画的避難区域を対象としたモニタリング結果が公表された[5]。

調査対象と調査実施日は、浪江、富岡町内の学校：5 例（平成 23 年 8 月 9 日~12 日）、住宅：16 例（平成 23 年 8 月 22 日~31 日）である。学校・住宅モニタリングの詳細な記録について、図-4 に住宅および図-5 に学校の事例を示す。これ

図-4 経産省 公共施設・住宅モニタリングの調査 別紙4 2011年11月16日（抜粋）



図-5 経産省 公共施設・住宅モニタリングの調査 別紙4 2011年11月16日（抜粋）



らの線量率測定結果より、泉が被ばく低減係数を求めた結果を図-6：木造住宅、図-7：学校を示す。
木造家屋1階：

0.35±0.07 (16件)、2階：0.43±0.11 (16件)、全体：0.40±0.1(32件)となった。鉄筋コンクリート造の学校は、1階：0.10±0.04、2階：0.086±0.04、3階：0.093±0.06であった。各学校の詳細な建築状況は不明であるが学校および階層間の差が大きいことが分かる。

ここで泉が注目したのは、木造住宅周辺および屋根の測定記録である。屋根部1cmと地表面1cmの線量率相対比が0.51±0.15(13件)あった。これらの測定は、事故5ヶ月後の2011年8月であり、屋根部への放射性物質の残存率を示す貴重なデータである。

図-6 経産省 学校・住宅モニタリング結果(木造家屋被ばく低減係数) 別紙4
平成23年8月22日～8月31日

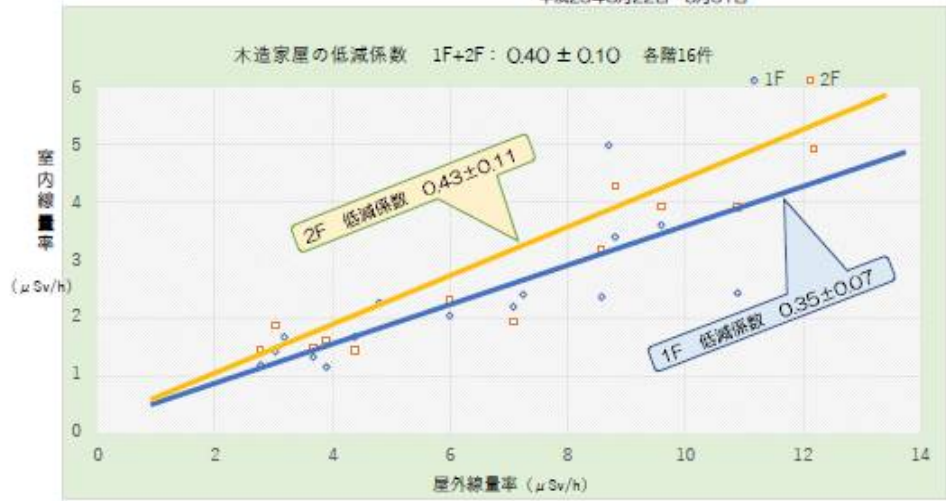
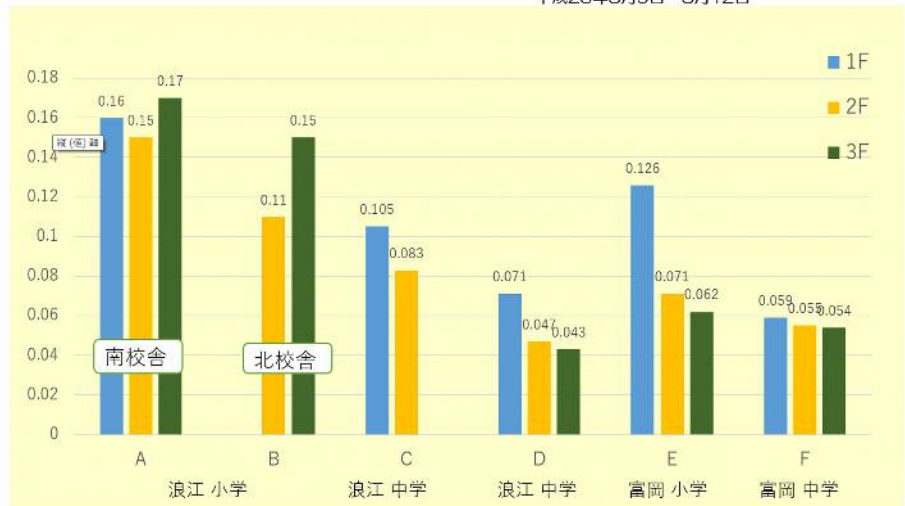


図-7 経産省 鉄筋コンクリート造建物(学校)の被ばく低減係数 別紙4
平成23年8月9日～8月12日

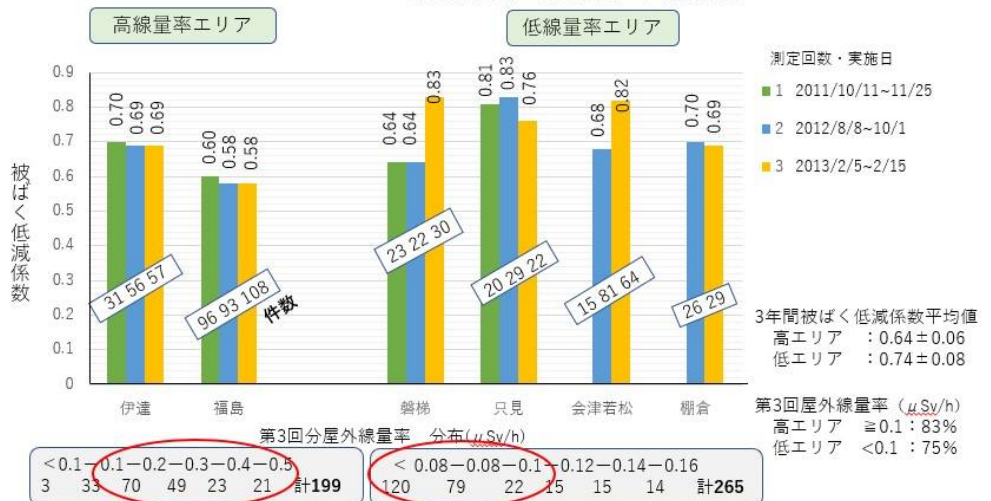


3.4 福島県環境放射線モニタリング・集会所調査

原子力災害現地対策本部・県災害本部は現地調査を実施し、その結果が公表されている[6]。毎年定期的に100件超の調査を行っているが、自治体、件数等は必ずしも一定でない。現在も継続中である。報告された線量率記録から被ばく低減係数を泉が計算した。図

図-8 高・低線量率エリア内集会所の被ばく低減係数

原災現対本部・県災対本部 (一部抜粋作成)



－8に2011年から3年間のみの記録を示す。比較的屋外線量率の高い地域として伊達、福島市、低い地域の磐梯、只見、棚倉町、会津若松市を選択した。高い地域2市の第3回目（2013年2月）の線量率の比率は、 $0.1\mu\text{Sv/h}$ 以上が199件中163件（83%）、一方、低い地域は、 $0.1\mu\text{Sv/h}$ 未満が265件中221件（75%）であった。

両地域の被ばく低減係数は、3年間平均で屋外線量率が高い地域が 0.64 ± 0.06 、低い地域で 0.74 ± 0.08 で低い地域の方がわずかに高い傾向があった。

3.5 福島県内の学校などのモニタリング実施結果等

文部科学省が「福島県内の学校等のモニタリング実施結果等」の一環として校庭などの空間線量率測定を実施した報告がある[7]。2011年4月14日～8月27日間の17回測定、対象は郡山、二本松、福島、伊達、相馬市内の計56校で福島市内が半数を占めていた。

測定された線量率から泉が被ばく低減係数を求め、その一部を図-9に示す。鉄筋コンクリート建屋を対象としたことから、保育園などは鉄筋コンクリート造ではないため、泉が集計から除外した。校舎内線量率は任意の3教室中央部の平均値である。事故1ヶ月後の4月は0.07であったが、少しずつ上昇し続け6月に0.2、7月以降は0.25～0.27であった。最初に測定した4月14日の結果で52校中13校において校庭の線量率が $3.8\mu\text{Sv/h}$ 超のため屋外活動を制限した記載が残っていた。

図-9 文科省 福島県の学校等モニタリング実施結果+その他の実測結果
学校（教室）の被ばく低減係数 平成23年4月14日～8月27日

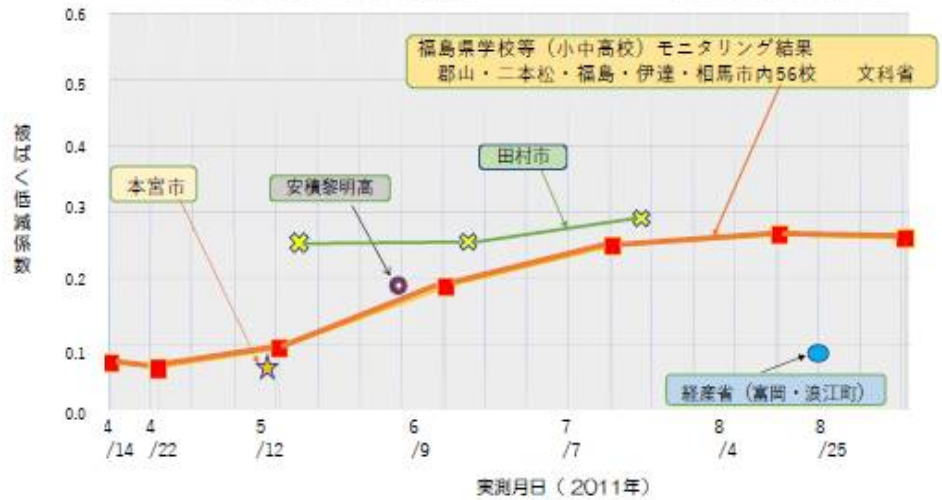
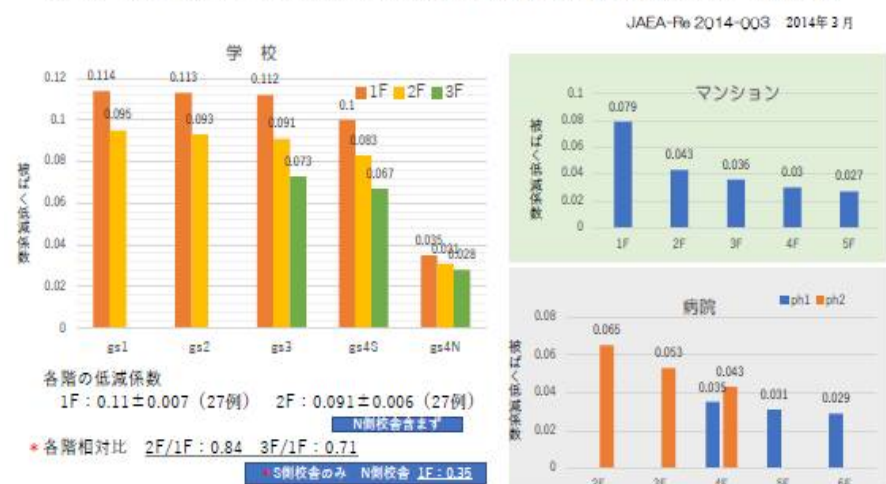


図-10 木造家屋のグラウンドシャインによる被ばく低減係数(シミュレーション評価例)
JAEA-Fre 2014-003 2014年3月



図-11 鉄筋コンクリート造建屋のグラウンドシャインによる被ばく低減係数(シミュレーション評価)



その他の自治体・学校等においても自主的な測定結果が多く報告されており、一部を同図に含めて示す。被ばく低減係数は0.1~0.3の範囲であった。

3.6 福島原発事故を基にしたシミュレーション評価事例

古田らは福島県内の建屋を調査、モデル化して、建屋内の遮へい効果および線量低減効果のシミュレーション解析を行い、報告している[8]。この解析は、特に線量評価の決定因子である屋内での線量低減効果に着目しつつ、地表に沈着Csから屋内線量率を評価した貴重な情報である。

図-10に木造家屋および図-11に鉄筋コンクリート造建屋のグラウンドシャインによる各階層別の被ばく低減係数を示す(一部抜粋)。木造家屋の各階の平均低減係数は1階 0.53 ± 0.04 (11例)、2階 0.62 ± 0.07 (10例)、鉄筋コンクリート造建屋(学校を代表例)の平均低減係数 0.11 ± 0.007 (27例)、 0.091 ± 0.006 (27例)であった。その他の鉄筋コンクリート造建屋である病院およびマンションの評価値を含め、表-2の低減係数と比較すると、全てにおいて高い値を示していることが分かる。

4. 規制委などの放射線防護措置の考え方および見解

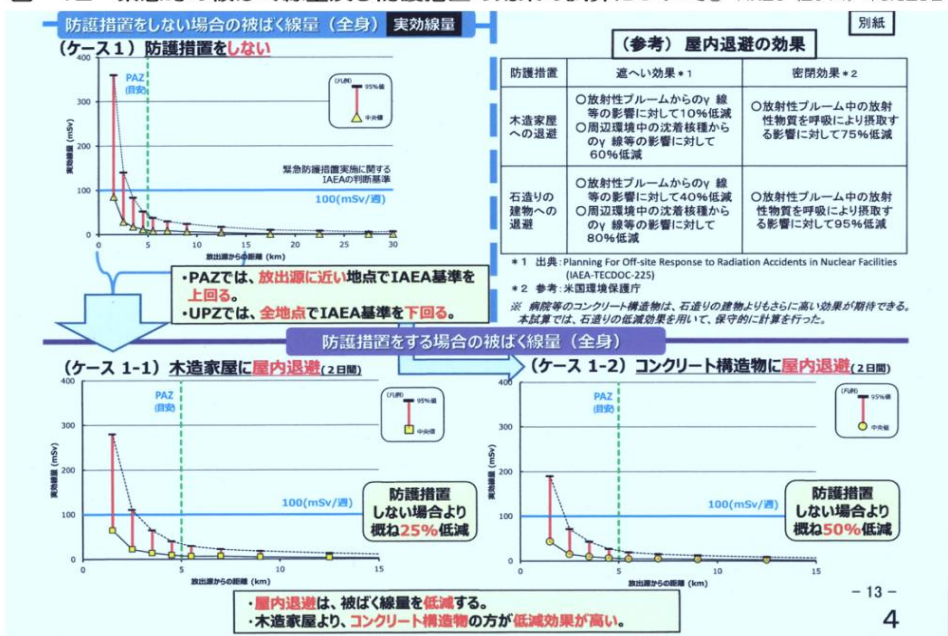
規制委などから放射線防護に関する資料および被ばく低減に関する見解などが、順次報告された。自治体の防災対策の基礎として重要であり、主な内容を紹介し、検討する。

- (1) 平成26年度第9回規制委緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について[9]
- (2) 規制委原子力施設等防災対策等委託費(防護措置の実効性向上に関する調査研究)事業報告書[10]
- (3) 規制委技術情報検討会屋内退避による被ばく低減係数に係わる委託研究の成果[11]
- (4) 内閣府・日本原子力研究開発機構原子力災害発生時の防護措置-放射線防護対策が講じられた施設等への屋内退避-について[12]

4.1 緊急時の被ばく線量および防護措置の効果の試算について

規制委は、自治体において、リスクに応じた合理的な準備や対応を行うための参考を目的として、仮想事故時における放射源からの距離に応じた被ばく線量と防護措置による低減効果について、全体的な傾向を捉える試算を行い、平成26(2014)年5月に提示された[9]。本試算では、Cs137が100TBq、環境中に放出する仮想事故を想定した(注3)。

第9回原子力規制委員会
図-12 緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について① 平成26(2014)年5月28日



(注3) この事故想定は、強化された新規規制標準への適合性を審査する上で「想定する格納容器破損モードに対してCs-137が100TBqを下回ることを確認する」(『実用発電所要原子炉に係わる炉心損傷防止対策及び格納容器破損防止対策の有効性評価に関する審査ガイド』より)を踏まえて設定した。環境への放出割合は、Cs-137 100TBqとなるよう求めた係数を各核種グループの格納容器放出割合に乗算して算出。

希ガス類は全量を仮定。(例) Cs-137: 100TBq (1.00E+02) I-131: (7.29E+02) Xe-133: (5.150E+06)。

評価は炉停止から放出まで12時間、5時間継続放出、大気拡散・被ばく線量評価は計算コードOSCAARを用いて事故後一週間の被ばく線量について、屋外にいた場合と屋内に初めの2日間だけ木造かコンクリート造建屋に退避した場合を解析比較した。その結果を図-12および図-13に示す。

実効線量は、木造家屋の退避で25%、コンクリート構造物退避で50%低減した。内部被ばく甲状腺等価線量は、木造家屋では、PAZではIAEA基準(50mSv/週)を上回る地点があるが、UPZでは全地点で下回る。一方、コンクリート構造物屋内へ退避し、安定ヨウ素剤を併用するとPAZでは基準を下回る。

これらの試算から得られた示唆は以下のとおりであると本資料では結論づけている。

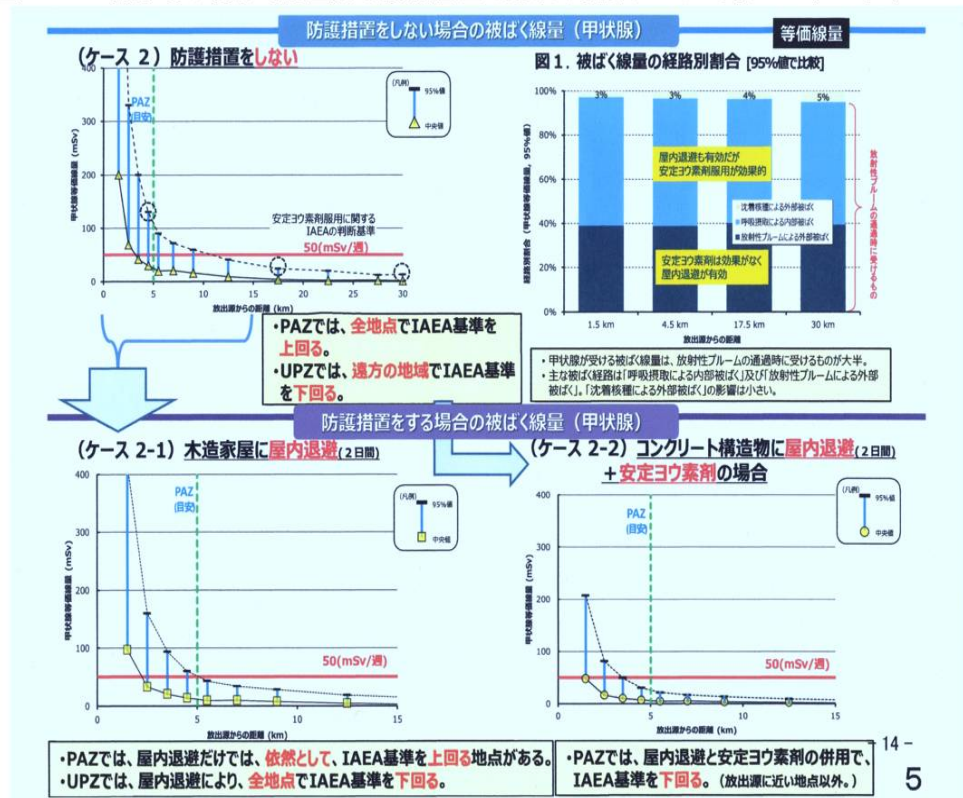
(1) PAZにおける防護措置は放射性物質放出前に避難を基本とする。ただし、避難によって健康リスクが高まる要援護者は屋内退避を行う。コンクリート構造家屋は木造より低減効果がある。放射線防護機能を付加すれば一層の低減効果が期待できる。

(2) UPZでは、放出前に屋内退避が合理的。

(3) 放射性プルーム通過時は、屋内に退避することにより、線量を相当程度低減できる。

泉の判断では、国(規制委)が原子力災害発生時の防護措置として、“PAZ内について「避難」が基本、「屋内退避」が効果的およびUPZ内で「屋内退避」が合理的”との見解を示し、定量的な低減効果を示したのは初めてである。

第9回原子力規制委員会
図-13 緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について②平成26(2014)年5月28日



4.2 被ばく低減に関する日本原子力研究開発機構(JAEA)の受託研究

規制委は、地域防災計画作成のための基礎的データを提示し、日本家屋の特性を踏まえた効果を把握する重要性から、平成27年度から6年間(2015~2021年)におよぶ研究を委託した。それらの研究および実験結果を事業報告書として公表した[10]。委託先は日本原子力研究開発機構である(つまりJAEAの受託研究)。

その主要内容を以下に紹介し、被ばく低減効果がどのように評価されているかを防災対策との関係とともに考える。この受託研究の方法の特徴について泉がまとめたものを以下に示す。

① 対象建物の評価モデル

評価モデルは11例示されたが、木造戸建、鉄筋コンクリート戸建・集合住宅および鉄筋コンクリー

ト造の学校と病院を選択した。外部被ばく低減係数は、家屋外の地表1mにおける線量率に対する家屋内の線量率の比と定義し、解析コードは輸送計算コードPHITSを利用した。被ばく経路は、クラウドシャインは、PAZ外の屋内退避を想定し、頭上を通過ブルーム状態ではなく、地上にも広がるサブマージョン状態を仮定した。グラウンドシャインは、建屋中心に半径500mに一様分布とした。地表面に沈着した核種からの寄与のみを考慮した。

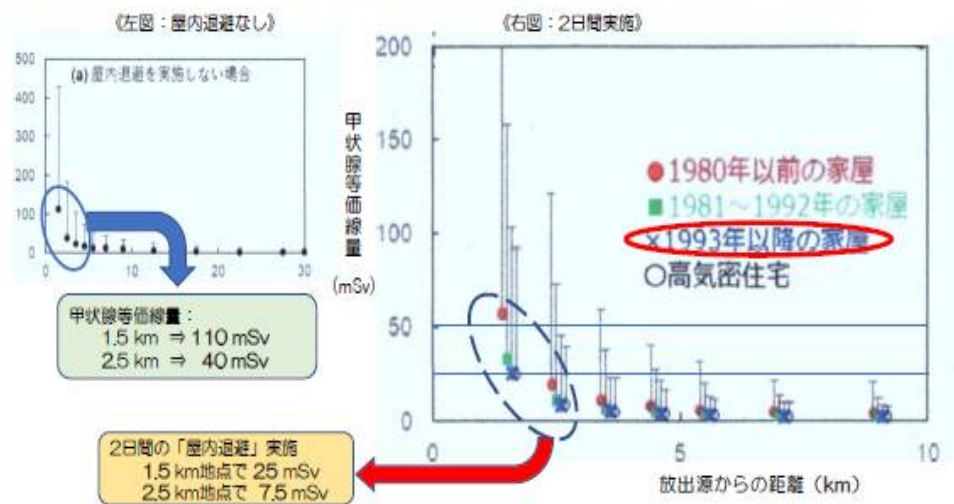
② 内部被ばく低減係数への影響因子

本報告の内部被ばく低減係数は、屋内と屋外における1歳児の甲状腺等価線量比である。低減係数（防護効果）は種々のパラメータに大きく依存し、各パラメータは単独で防護効果に影響するものではなく、相互に関連を持つため代表的な低減係数を定めることは難しいと記している。その中でも、大きな要因であるパラメータの調査結果（風速、隙間相当面積と建築年の関係、浸透率と自然換気率の関係、浸透率と自然換気率の関係、ヨウ素の物理・化学的組成の相違に伴う風速と被ばく低減係数の関係、吸入被ばく低減係数への感度解析結果）は重要である。しかし、本資料の中ではそれらの詳細な記述は省略する。

③ 内部被ばくと距離の関係

放出源からの距離に伴う甲状腺等価線量の関係を図-14に示す。2日間の屋内退避なしの場合および1993年以降降木造家屋内に退避した場合の距離別等価線量は、屋内退避なし1.5km : 110mSv、2.5km : 40mSvに対して、屋内退避でそれぞれ25mSv、7.5mSvである。

図-14 放出源からの距離に伴う甲状腺等価線量
令和2年度 防護措置の実効性向上に関する調査研究事業報告書 第4章図4.2 (抜粋)



ただし、これらの数値は、泉が図から読み取ったものであり（数値は報告書では開示されていない）、その数値から泉が単純に求めた屋内退避の低減係数は1.5km : 0.2、2.5km : 0.19である。これらの値は前述したように様々なパラメータが複雑に作用し影響しており、不確かさは大きい。その場合は平均値だけを示すのではなく、変動幅を明らかにし、放射線防護上の住民の安全を確保できる保守的な評価値（目安値）とすべきではないかと考える。

④ 防護効果は多くのパラメータに依存

本受託研究は、多種多様な条件を駆使して評価をしているが、平成29年度の報告書[10]（3.6章）に「防護効果は種々のパラメータに大きく依存し、事故のシナリオなどに大きく依存するものであり、各パラメータは単独で防護効果に影響をおよぼすものではなく、相互に関連を持つものであるため、代表的な被ばく低減係数を得るために各パラメータを一定の値に定めることは不可能であることが明らかになった」との記述は印象的である。

4.3 規制委技術情報検討会 屋内退避による被ばく低減係数に係る委託研究の成果

本資料（技術情報検討会資料49-1）は、令和3（2021）年10月6日の規制委において報告された。

これらは、前章の委託研究報告書を受け、まとめて提示したものである[11]。

泉が要点をまとめ、コメントを付して以下に示す。これは現段階における『被ばく低減係数』を総括した見解を示す情報である。

① 外部被ばく遮へい効果

家屋内避難による外部被ばく遮へい効果および放射性物質の吸入（内部被ばく）に対する密閉効果を検討した。外部被ばくの遮へい効果は、海外の先行研究の知見と有為な差は認められなかった。

② 吸入（内部被ばく）に対する密閉効果

家屋の特性に応じた低減効果の影響が大きい吸入被ばくに対しては、主なパラメータの自然換気率、浸透率、沈着率と風速、建蔽率、温度差、隙間相当面積を適用した。甲状腺等価線量に寄与するヨウ素は、粒子状、元素状、有機状などの化学形態をとり、挙動が異なることを踏まえ、風速やプルーム通過中の濃度を一定とした条件下で気密性能に寄与するパラメータを変動した際の化学性状ごとの低減効果を評価し、甲状腺等価線量を評価した。

③ パラメータの影響

風速、屋外濃度一定の条件下で各種パラメータを入力し、屋内濃度の時間的変化を求め、プルーム通過時から24時間後の風速ごとの被ばく低減係数を算出した。その結果、機密性の高い家屋、周辺に家屋が多い状況において、風速が遅いほど、放射性物質の侵入が抑制されて家屋内濃度は低くな

り、被ばく低減効果が高い。化学性状の差異では、元素状ヨウ素の反応が高く、侵入経路で除去され、侵入後沈着し、家屋内濃度が低くなり被ばく低減効果が高い傾向を示した（表-4 参照）。木造家屋の建築年区分ごとの評価の結果、1993年以降家屋では、吸入による内部被ばくが屋外に対し約4分の1に低減した（表-5 参照）。

④ 気象条件の影響

環境影響評価は、実気象条件のもとで環境影響評価コード（OSCAAR）を用い、大気拡散解析を行った。放出源から30kmを12分割、32方位に分割メッシュごとに風速および濃度を出力し、屋内外の甲状腺等価線量（7日間積算線量）を算出、被ばく低減係数を求めた。放出源から5km以遠のUPZ相当地点における7日間の積算線量（95%値）は、いずれの年区分においても、IAEA基準50mSv/週を下回る結果であった。

⑤ 技術情報検討会の結論

技術情報検討会においてまとめた委託研究評価結果を表-6に示す。検討会の結論は、【代表的条件下

表-4 化学的性状別内部被ばく低減係数（1歳児の甲状腺等価線量の比）

第49回技術情報検討会 原子力規制委員会 資料49-1 表1（抜粋） 令和3年9月9日

化学的性状	建築年	風速 (m/sec)		
		1	2	5
粒子状	1993年以降	0.19 (0.13~0.25)	0.23 (0.15~0.30)	0.46 (0.36~0.52)
元素状	1993年以降	0.01 (0~0.01)	0.01 (0.01~0.01)	0.05 (0.04~0.05)
有機状	1993年以降	0.70	0.78	1.00

中央値【（ ）は5%値~95%値】 プルーム通過から24時間後、建蔽率15%

表-5 甲状腺等価線量の試算に基づく木造建築年別被ばく低減係数（7日間の積算線量比）

第49回技術情報検討会 原子力規制委員会 資料49-1 表2 令和3年9月9日

1980年以前	1981~1992年	1993年以降	高気密住宅
0.56	0.33	0.24	0.22

*各距離における低減係数を算出し平均化したもの

*原発立地県の木造戸建住宅の建築年の割合 総務省統計局 2013

1980年以前：37% 1981~1990年：20% 1991年以降：43%

での試算範囲では、これまで参考にしてきた海外の知見と大きな差異は、認められない。外部被ばくの遮へい効果は、同一様式の家屋間では、海外の先行研究の知見と有為有意な差は認められなかった。5 km 以遠 UPZ 内の甲状腺等価線量は 50mSv を下回っており、「屋内退避」を基本とした原子力災害対策指針の考え方は妥当であり、見直す必要はない。】である。

表-6 屋内退避による被ばく低減効果に係わる見解

★ 原子力規制委員会技術情報検討会 資料49-1 令和3（2021）年9月9日
★ 令和3年度第36回原子力規制委員会 令和3（2021）年10月6日

屋内退避による被ばく低減係数の評価結果

- ▶ 低減係数が、家屋の特性のみに基づく固有の低減能力を示すものではないことに留意が必要である。
- ▶ 代表的条件下での試算範囲では、これまで参考にしてきた海外の知見と大きな差異は、認められない。
- ▶ 外部被ばくの遮へい効果は、同一様式の家屋間では、海外の先行研究の知見と有為有意な差は認められなかった。
- ▶ 放出源から5 km 以遠のUPZ内における甲状腺等価線量（最初の7日間積算線量）は、いずれの建築区分においても、確率的影響リスクを低減するIAEA基準 50 mSvを下回っており、「屋内退避」を基本とした原子力災害対策指針の考え方は妥当であり、見直す必要はない。

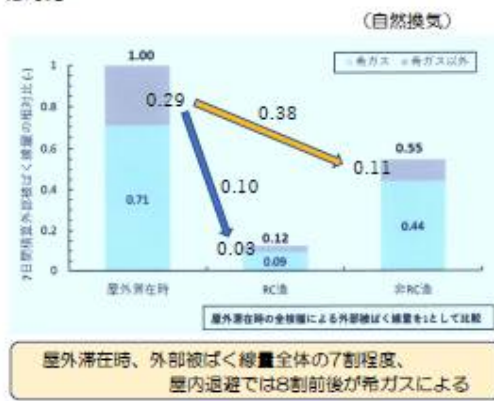
4.4 内閣府・日本原子力研究開発機構 原子力災害発生時の防護措置-放射線防護対策が講じられた施設等への屋内退避-について

内閣府（原子力防災担当）は日本原子力研究開発機構(JAEA)原子力緊急時支援センターと連名の報告を行った[12]。事故時における事前対策に備えておくことが合理的な事故シナリオに対するシミュレーション解析を行って、本報告では規制委がまとめた資料[10]を参考に、放射線防護措置を講じた建屋へ屋内退避による実効線量の低減効果を評価した。その一部を抜粋して、泉のコメントとともに示す。

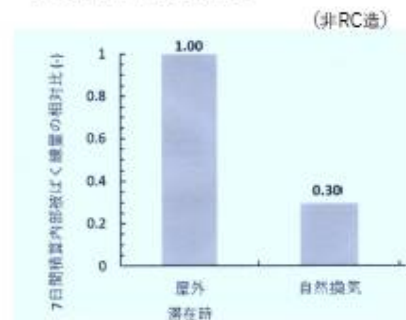
図-15 原子力災害時の防護措置-放射線防護対策が講じられた施設等への屋内退避-

内閣府・JAEA令和3年（2022）10月改定 図5/9（抜粋）

放出源から2.5 km地点における屋外滞在時に対する屋内退避（自然換気）との7日間積算外部被ばく線量相対比



放出源から2.5 km地点における屋外滞在時に対する屋内退避（自然換気）との7日間積算内部被ばく線量相対比



① 内閣府の用いたパラメータ

建屋モデルは、床面積 1,300m² 1階建て、その他は窓面積／（窓＋壁面積）比：0.2、隙間面：2.0cm²／m²、退避期間7日間、外部被ばく線量は放射線輸送計算コード、内部被ばく線量は成人男性を想定して評価した。他の資料に示すパラメータとの違いは、一般住宅の約10倍以上床面積1,300m²を採用している。令和4（2022）年10月の改定版参考資料8「建屋規模に応じた外部被ばく線量低減の効果」においてシミュレーション解析結果が図示されている。線源から2.5km地点の屋外線量との相対比は100m²で0.67、1,300m²で0.55と床面積の拡大により、低減係数は小さくなっている。

② 全54核種に対する計算結果

放出源からの距離に応じた積算被ばく線量の相対値（被ばく低減係数）を図-15に示す、全核種対象

で2.5km 地点（7日間）の屋内退避において、外部被ばく低減係数は木造：0.55、コンクリート造：0.18、内部被ばくは木造：0.30の報告がある。（本資料の改訂年によって多少評価値に相違あり）。

着目すべき点は、外部被ばく線量が屋外滞在時、全体の7割程度、木造屋内退避では8割前後が希ガスに起因している、との報告である。

5. 屋内退避に関わる課題

上記の実測結果、調査研究ならびに報告を総合して、原子力災害時の防護対策としての屋内避難による被ばく低減の効果について分析し、課題を抽出する。

5.1 新たな外部被ばく低減係数はこれでいいか

① グラウンドシャイン

第3章に報告した被ばく低減係数（グラウンドシャイン）の実測結果をまとめ、建屋種類別に図-16：木造、図-17：鉄筋コンクリート造（学校）および図-18：鉄筋コンクリート造（病院、ホテルなど）（一部シミュレーション解析結果を含む）に示す。

木造家屋に関する被ばく低減係数は、0.8を超える事例もあった。また、毎年報告の福島県環境放射線モニタリング・集会所調査結果（図-8参照）では、年度別平均値の最小、

最大値の範囲は高線量率エリア：0.58~0.70、低線量率エリア：0.64~0.83であり、いずれも防災指針

図-16 木造家屋の被ばく低減係数（グラウンドシャイン）

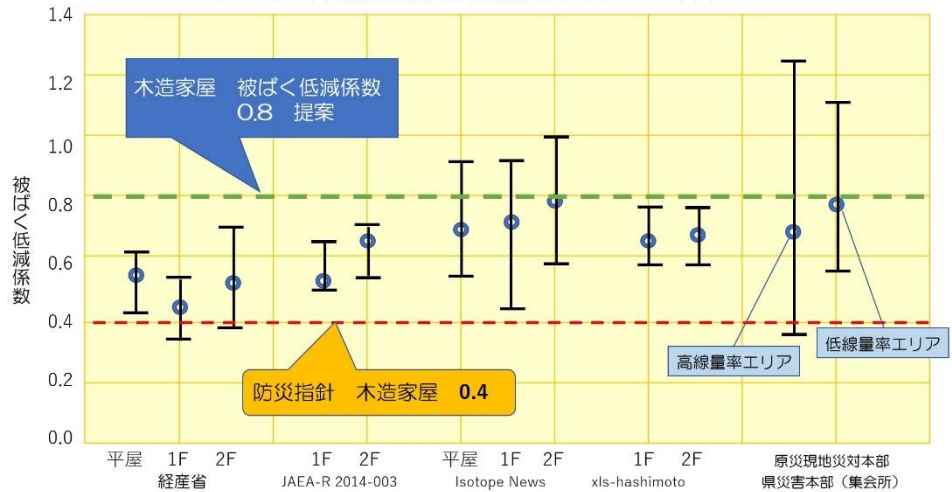


図-17 鉄筋コンクリート造（学校）建物の被ばく低減係数（グラウンドシャイン）

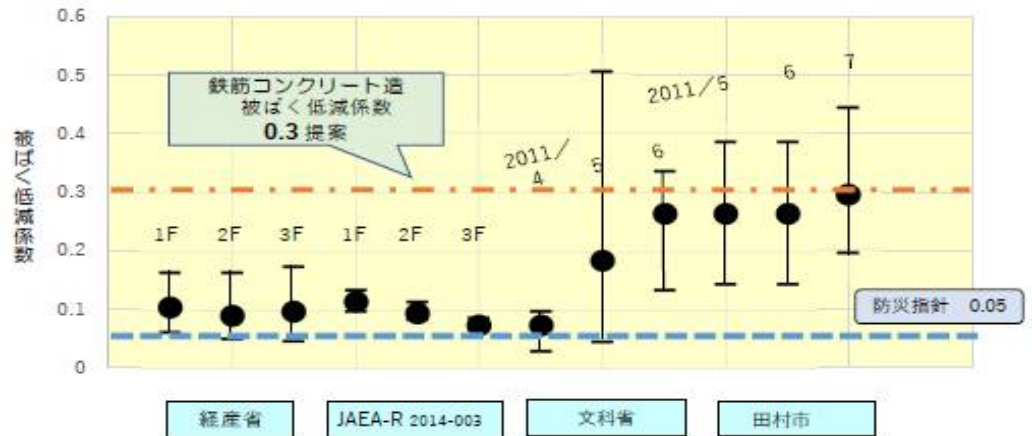


図-18 鉄筋コンクリート造建屋（病院 ホテル等）の被ばく低減係数（グラウンドシャイン）

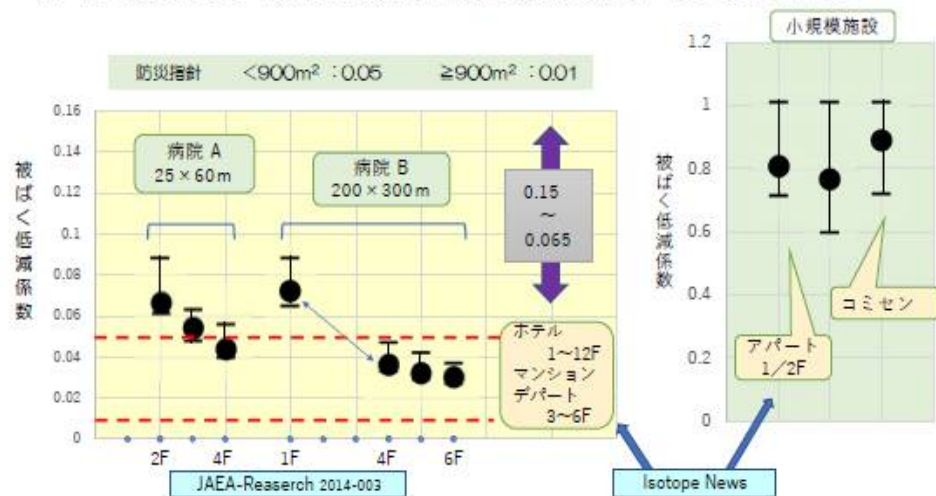


表-2の0.4と比較しても大きな相違が認められる。

鉄筋コンクリート造

の学校においては、事故後の時間経過とともに、少しずつ増加し、3ヶ月以降は0.2~0.3に落ち着いた。経産省実測データでも約0.1前後を示し、防災指針の0.05(表-2)の約2倍であった

② クラウドシャイン+グラウンドシャイン
第4.2章(受託研究を報告した[10])のシ

ミュレーション解析結果をまとめ、建屋別の屋内退避時におけるクラウドシャインおよびグラウンドシャイン両面のシミュレーション評価結果=外部被ばく低減係数を図-19:木造戸建、図-20:鉄筋コンクリート造戸建、集合住宅、図-21:鉄筋コンクリート造病院、学校、体育館について、エネルギー別および屋根部汚染度

比(=対地表面濃度比)別に示す。クラウドシャインの予測エネルギーは、図-19=木造建屋では、0.44、0.66、1.5 MeVについて、屋根部汚染度比は0、50、100%における被ばく低減係数を示した。

図-20および図-21は、エネルギーによる相違が小さいことから0.66 MeVのみを選択、図示した。また、屋根汚染度の影響に対して100%のみを示した。

クラウドシャイン0.66MeV(注4)に対応する低減係数は、木造1階:0.74、2階:

図-19 屋内退避時における木造戸建の外部被ばく低減係数(クラウド・グラウンドシャイン)①
平成29年度 防護措置の実効性向上に関する調査研究事業報告書 付録表7.1(抜粋)

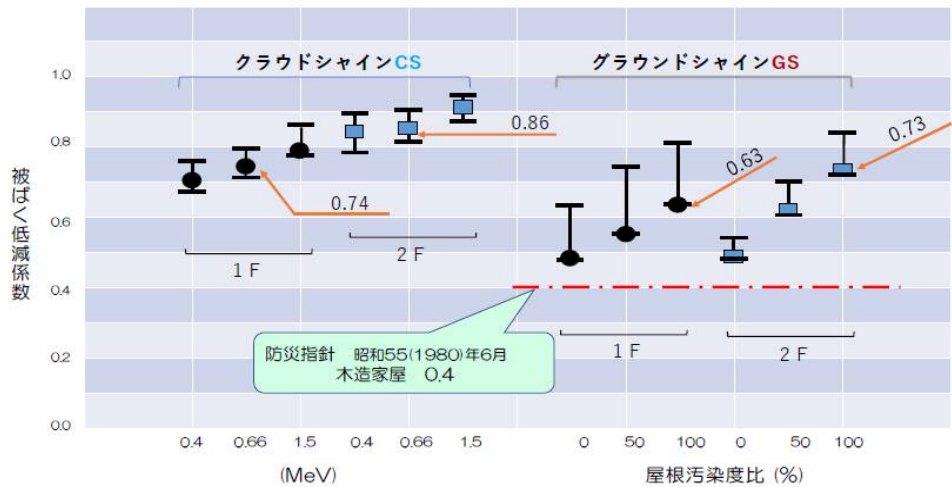
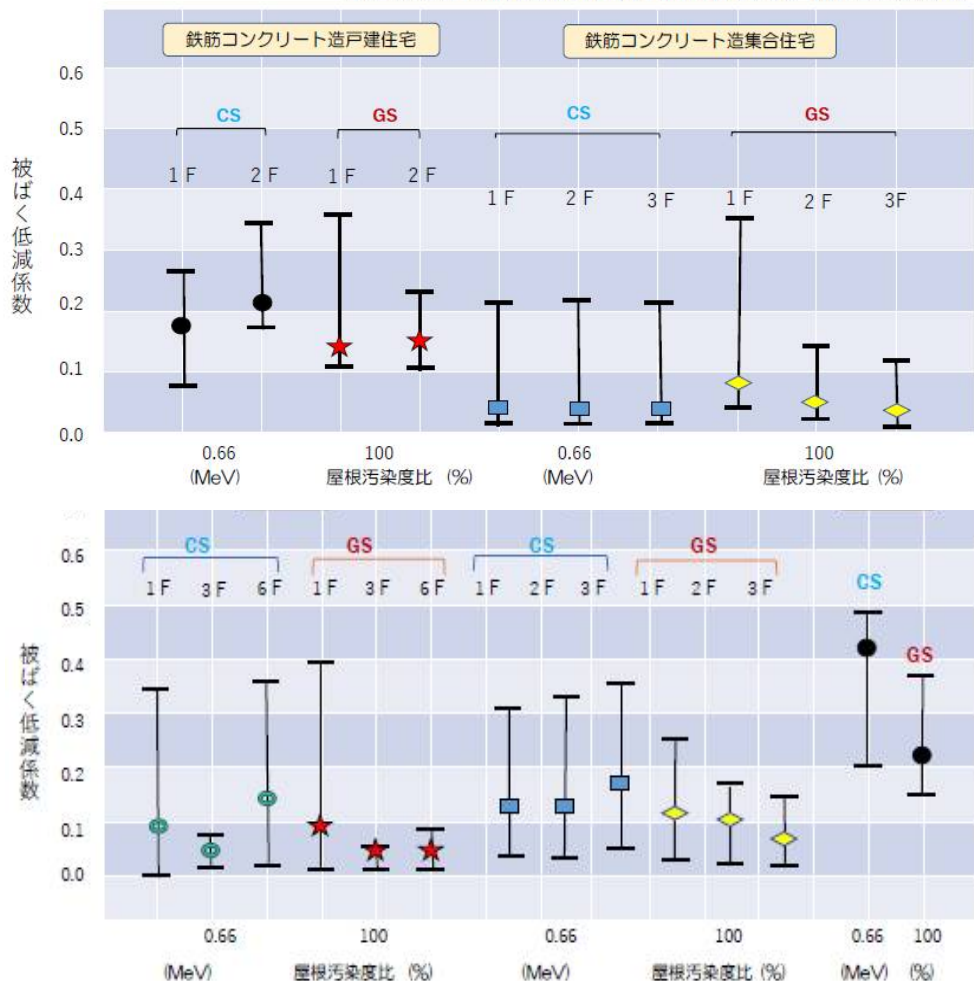


図-20 屋内退避時における外部被ばく低減係数(クラウド・グラウンドシャイン)②
平成29年度 防護措置の実効性向上に関する調査研究事業報告書 付録表7.9/10(抜粋)



0.86 と高い値を示した。鉄筋コンクリート造戸建 2 階：0.21、集合住宅は 1～3 階：0.04、病院は高層ほど高まり 1～6 階：0.04～0.14、学校 1～3 階：0.12～0.17 前後である。防災指針の木造 0.9 および大きなコンクリート建物 0.2 以下（表-1）と比較するとほぼ同じ値である。

グラウンドシャインについては、屋根部汚染度 100%においては木造戸建 1 階：0.63、2 階：0.73、鉄筋コンクリート造戸建住宅 2 階：0.15、同集合住宅 1～3 階：0.08～0.3、病院：0.09～0.05、学校：0.11～0.07 であった。グラウンドシャインについては、実測結果と同様、防災指針表-2 の家屋別低減係数を上回っており、改正するべきであると判断する。次に屋内退避の効果をおおきく左右し、外部被ばくの要因となる事項を挙げる。

5.2 屋根部汚染の影響

規制委技術情報検討会が委託した防護措置の実効性向上に関する調査研究成果（「屋内退避」に関するシミュレーション評価による外部被ばく低減係数）を表-7 に示す。木造建屋外部被ばく低減係数は屋根に汚染がない場合、1 階＝0.48（0.48～0.63）、2 階＝0.48（0.48～0.54）。これに対して、屋根に汚染がある場合について、新たに屋根の沈着割合に応じた係数を求め、100%の場合では 1 階＝0.63（0.63～0.81）、2 階＝0.73（0.72～0.84）と高い評価値を示した（注5）。

屋根汚染の影響に関して、図-22 に示すとおり、本報告ではチェルノブイリ原発事故時データとし

表-7 木造建屋屋内退避時における外部被ばく低減係数 グラウンドシャイン

平成29年度 防護措置の実効性向上に関する調査研究事業報告書 付録表7.1（抜粋）
令和2年度 防護措置の実効性向上に関する調査研究事業報告書 第3章表3.4（抜粋）

屋根汚染を考慮した木造住宅（営業系サイディング） フロア中央付近の外部被ばく低減係数			
	汚染なし	屋根：50% 壁：10%	屋根：100% 壁：10%
1 F	0.48 (0.48～0.63)	0.56 (0.56～0.74)	0.63 (0.63～0.81)
2 F	0.48 (0.48～0.54)	0.62 (0.61～0.70)	0.73 (0.72～0.84)



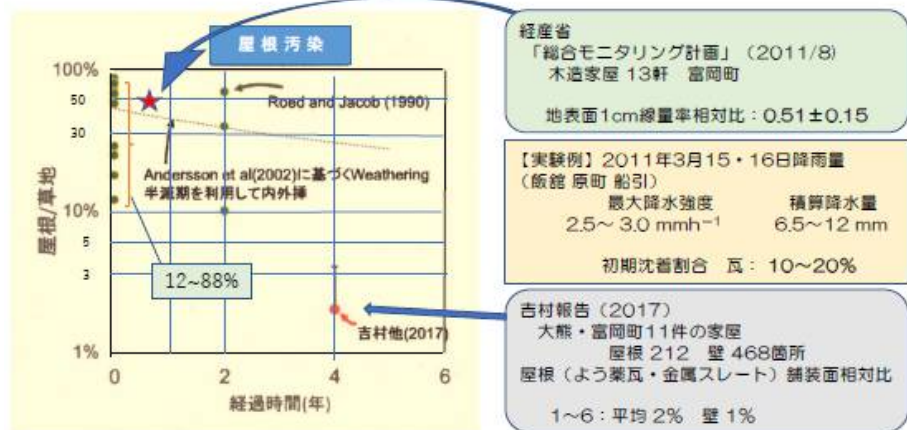
技術情報検討会 資料49-1 参考資料参考2（木造研究の成果）

1 F	0.48～0.63
2 F	0.48～0.54

【実験例】2011年3月15・16日降雨量 最大降水強度 mmh^{-1} 積算降水量 mm
飯館 原町 船引 2.5～3.0 6.5～12
初期沈着割合 瓦：10～20% >低減係数：1F 0.50～0.51 2F 0.50～0.53

図-22 チェルノブイリ事故・福島事故後における屋根及び壁汚染の比較

平成29年度 防護措置の実効性向上に関する調査研究事業報告書 第4章（抜粋）



（注4）参考文献 [10] 平成 29 年度版第 2 章において、クラウドシャイン・グラウンドシャイン別の福島第一原発事故時における放出核種組成の原子炉停止後の経過時間に伴う被ばくに対する寄与割合および平均エネルギーの変化が図示されていた。泉は同事故時、2号機停止から大量放出のあった 2011 年 3 月 14 日 23 時 50 分までの 81 時間経過時の平均エネルギーを推定した。

（注5）表中のグラウンドシャインについて、文献[10]の平成 29 年度報告書付録表 7.1 表は表-7 に示したとおり、屋根の影響も含め示してあるが、これらを総括した規制委技術情報検討会 文献[11]の参考資料参考 2 の値は屋根に汚染なしのみの記載である。

て、初期の段階で 12～88%、福島事故時、経産省データは事故 5 ヶ月後、地表面 1cm 線量率相対比が

0.51 であった（第 3.3 章に記述）。福島原発事故当時の降水強度や降水量を参考に委託実験の結果、初期沈着率は 10～20% であった。自然環境データの選択は単純ではないが、現在検討している「屋内退避」は事故発生初期の段階であり、屋根への初期沈着率を 100% と仮定すべきである。木造家屋の低減係数は、より安全側の目安値として 0.8 が妥当であると考えられる。

5.3 クラウドシャイン被ばく低減係数への希ガスの影響

外部被ばく線量に関して、特に事故発生時の初期の段階における被ばくを考慮すると無視できないのがクラウドシャインの影響である。内閣府の資料（第 4.4 章）によると、木造建屋の屋内退避において、希ガスによる初期 7 日間で外部被ばく線量の 8 割になるとある。

事故発生初期の段階において予想されるベント処理を考えると、希ガスは全量がフィルタベントを透過して環境へ放出される。特に Xe-133 については無視できない被ばく源になる可能性があり、クラウドシャインの中で最大限に考慮すべき重要な被ばく要因として配慮すべきである。

5.4 「屋内退避」効果が期待できない施設

第 3 章示した実測値および第 5.2 章に記述したシミュレーション解析結果は事故発生初期の段階における屋根部の汚染が影響した、木造家屋の低減係数は 1 階：0.63, 2 階：0.73 は、いずれも防災指針に示す値 0.4 を大きく上回る結果であった。また、「平屋あるいは 2 階建てのブロックあるいは煉瓦造りの家屋」は 0.2 と規定している。しかし、これに相当する鉄筋コンクリート造のアパートやコミュニティセンター等の小規模施設（**図-18** 右側参照：茨城での実測例）においては、ガラス製開口部（窓）が広いこと、低減係数は 0.8～0.9 と大幅に高い値であった。こうした「屋内退避」効果が期待できない施設の存在も見逃すことはできない。さらに、「各階が約 450～900m² の面積の 3～4 階建て建物 1 階及び 2 階」に対する低減係数を 0.05 および「各階が約 900m² 以上の多層建築物の上層」は 0.01 である。それに相当する福島市内の建屋を対象とした鉄筋コンクリート造のホテル等の実測結果（**図-18** 参照）は 0.065～0.15 と、**表-2** より高い値を示した。

以上の測定結果から、外部被ばく低減係数の目安は、木造建屋は 0.8、学校等の鉄筋コンクリート造建屋は 0.3 とすることが合理的であると考えられる。

規制委技術情報検討会の結論である【屋内退避による外部被ばく効果は、海外の先行研究の知見と差はない】（第 4.3 章参照）と断言することはできない。

5.5 外部被ばく・内部被ばく低減係数のまとめ

各種資料に基づき、外部被ばく低減係数（クラウドシャインとグラウンドシャイン）および内部被ばく低減係数と合わせて**表-8** にまとめた。表中のグラウンドシャインについては、**表-7** においても触れているが、参考文献 [10] と [11] より引用された被ばく低減係数に相違が認められる。

特に、内部被ばくの甲状腺等価線量の被ばく低減係数について、規制委等が先に示した資料（① 甲状腺等価線量を示した 2014 年参考文献[9] = **図-13**、② 平成 27 年度～令和 2 年度（2015～2020[10] = **図-14** の規制委委託の事業報告書および③ 令和 2（2020）年の内閣府資料参考文献[12] = **図-15** の結果）について比較する。資料により表現が異なるので、泉が低減係数に統一して表示した。甲状腺等価線量の被ばく低減係数は放出源からの距離に依存し、資料別の報告結果の差も大きく、木造建屋において 0.19～0.55 と大きな変動幅の結果が報告されている。2021 年の技術情報検討会資料（**表-5** 参照）によると木造家屋の 1980 年以前の築年区分では 0.56 であるが、1993 年以降では 0.24 と 2 倍以上の相

違を認める貴重な報告である。これらの情報から統一された被ばく低減に寄与するデータなど見出すことは不可能と考える。

表-8 外部・内部被ばく低減係数の報告資料別比較

	外部被ばく低減係数 (実効線量)				内部被ばく低減係数 (甲状腺等価線量)		備考 参考文献 []
	クラウドシャイン		グラウンドシャイン		木造	コン造	
海外文献	木造 0.9		木造 0.4		木造 0.25	コン造 0.05	技術情報検討会
平成26 (2014) 年 原子力規制委員会	木造 0.75		コン造 0.50		1.5km→0.48 2.5km→0.55	1.5km→0.24 2.5km→0.25	(2日間) [9]
平成28 (2016) 年 原子力規制委員会	-		-		0.25	0.05	
令和3 (2021) 年 技術情報検討会 原子力規制委員会	1F 0.71 ~0.81	2F 0.82 ~0.90	1F 0.48 ~0.63	2F 0.48 ~0.54	0.24 (93年以降) 0.56 (80年以前)	-	(7日間) [11]
JAEA 2015~2020年	2017年 屋根汚染100% 0.63~0.81 0.72~0.84				図-14から推定 1.5km→0.23 2.5km→0.19 (2日間) [10]		
内閣府・JAEA (2020) 年 (2022年10月改定)	木造 0.62	コン造 0.13	木造 0.38	コン造 0.10	木造 0.30	コン造 -	(7日間) 2.5km [12]
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> >[外部] → 木造: 0.55 コン造: 0.18 [内部] → 木造: 0.30 </div>							

さらに、甲状腺等価線量の評価値について、添付図からの推定値を比較する。2014年報告(図-13参照) [9] の2日間の甲状腺等価線量の積算値は、「防護措置なし」: 1.5km 地点で 200mSv、2.5km : 67mSv に対して、木造家屋に屋内退避すると 1.5km 地点で 90mSv、2.5km : 37mSv である。しかし、2021年報告(図-14参照) [10] によると同じ2日間で、「防護措置なし」: 1.5km 地点で 110mSv、2.5km : 40mSv、木造家屋に屋内退避すると 1.5km 地点で 25mSv、2.5km : 7.5mSv と大きな相違が認められる。また、2021年でも報告 [11] では、1993年以降築の木造家屋において、「防護措置なし」: 1.5km 地点で 113mSv、2.5km : 37mSv に対して、7日間屋内退避すると 1.5km 地点で 30mSv、2.5km : 6mSv とほぼ同じ被ばく線量値が報告されている。

規制委資料の作成目的は、地域防災計画作成のための基礎的データを提示、リスクに応じた合理的な準備や対応、住民の理解にあった。しかし、評価の基本シナリオ、パラメータ(風速、対象建物の構造、対象者(1歳児・成人男性)、対象日数等に(資料ごとに)相違点が認められる。多くのパラメータを組み合わせる客感的な変動範囲のある評価結果を提示すべきである。要点が把握できない小さい図の標示だけで理解することは困難である。

6. 屋内退避の有効性に関する問題

PAZ 内において住民は順調な「避難」行動が進行できないため、無視できない被ばく線量を受けることとなるのではないかと懸念されている。

一方、UPZ 内においては、規制委は内部被ばく低減係数の把握の計算過程で評価された甲状腺等価線量について、5km 以遠の UPZ 内では確率的影響リスクを低減する IAEA 基準 50 mSv/週を下回っていることから「屋内退避」が基本的に妥当と主張している。すなわち、屋内退避の有効性を強調し、【原子力災害対策指針の考え方は妥当であり、見直す必要性はない】との見解である。しかし、提示された図のみの表示だけからでは、「屋内退避」の客観的な効果を把握することはできない。海外事例に呼応した木造 1/4=0.25、コンクリート造 1/20=0.05 の数値ありきではなく、実地調査及び研究評価結果

を参考に客観的な防災指針（表-1・表-2）の改正が必要である。

福島第一原発事故時における被ばく低減係数の適用に関して、第2章に学校利用の判断にICRP 2007勧告の参考レベル1~20mSv/年を暫定的な目安として、線量率3.8μSv/hおよび年間1mSvを目指す除染計画の長期目標値から追加被ばく線量に係わる線量率0.23μSv/hが算出された。両線量率に係わる詳細については、参考資料に記述した。被ばく低減係数の大小は、屋内退避時における被ばく線量と深い関係があり、一般公衆の被ばくに関する影響に大きく左右することから、より十分な議論と検討が必要である。特に、福島第一原発のような事故レベルが高く、被ばくの影響が広範囲、長期間におよぶケースにおいては重要な事項である。

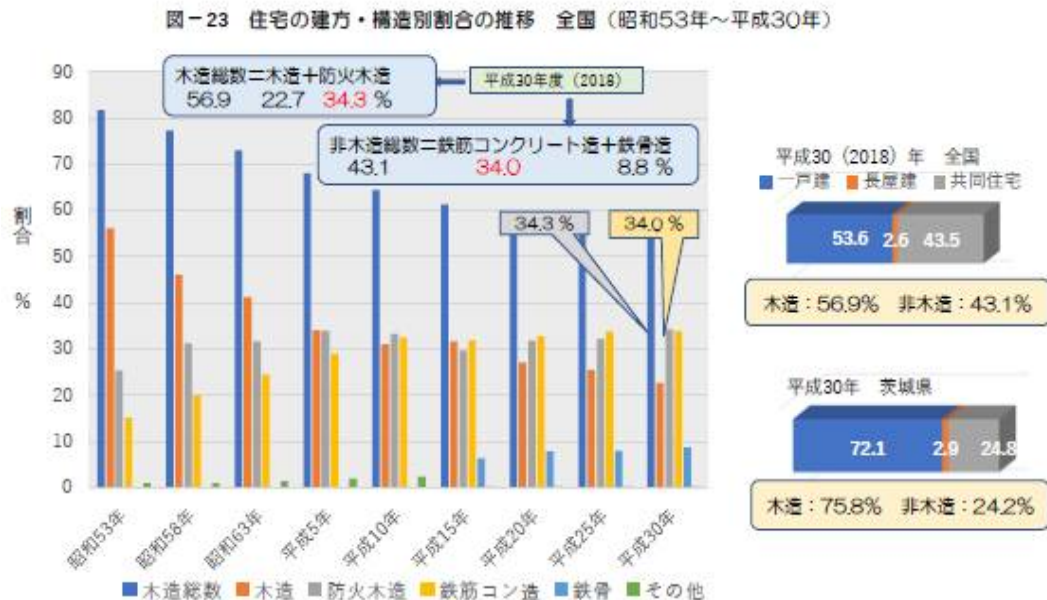
6.1 避難行動時の要支援者の避難はどこまで可能か

平成28（2016）年度3月16日の第61回規制委における「原子力災害発生時の防護措置の考え方」においては、PAZ内は「避難を基本とし、要配慮者は遮へい効果や気密性の高いコンクリート建屋の中で屋内退避が有効」と明記されている。一方、東海村の高齢者に関する資料（2022年度の推定人口[13]）では、65歳以上：9,635人、後期高齢者75歳以上：5,990人、要支援・要介護者数：1,598人、うち要介護3以上：663人（41.5%）である。さらに高齢者のいる世帯数（平成27年度10月）は全世帯数の38%の5,502世帯、このうち高齢者単居世帯は18.7%、高齢者夫婦世帯は30.7%を占める。東海村災害時要援護者支援計画による避難行動要支援者数（令和2年）をみると、137人に達する。さらに、通所介護、入所介護（ディサービス）、介護施設、老人ホーム等の事業所（計44箇所、令和4年4月現在）の建屋構造の大部分は、防護効果の高い鉄筋コンクリート構造ではない。

こうした状況を考慮すると、相当数の「避難せず自宅内に屋内退避」該当者数の存在が推測でき、高齢者を取り巻く屋内退避の環境が、放射線被ばくのリスクが高まることが想像できる。例えば、総務省統計局のデータ[14]から、最近の住宅構造割合の推移を見ると（図-23）、茨城県の木造は約76%を占めている。同局資料（2013年）によると、原発立地県の木造戸建住宅の建築年別割合は、1980年以前：37%、

1981~1990年：20%、1991年以降：43%である。甲状腺等価線量について、木造家屋における建築区分別被ばく低減係数を比較する（表-5）と、1993年以降の建築家屋は0.24対して、

1980年以前築は0.56にと2倍以上であり、被ばく線量の増加が予測される。また、図-14によると、1980年以前建築1.5km地点における2日間平均値で50mSvを超え、95%値では200mSvを超える被ばく線量が予測できる。



6.2 避難に伴う多くの関連死

東日本大震災時において、多くの関連死が生じた。事故発生時、大熊町の双葉病院には、認知症患者 340 人、近隣の介護老人施設に 89 人が入所していた。原発事故に伴う避難行動の混乱により多数の犠牲者が出た。すなわち、3月15日入所者 98 人、患者 34 人がいわき市の高校へ向かうが、車内で 3 人、搬送先で 24 人が死亡した。そのあと、複数回の搬送が行われ 15 日午後には完了したが、避難途中に 7 人、最終的には 50 人が死亡した。

ただし、高齢だけが関連死の原因とはいえない調査もある。久保ら[15]は、関連死の動向を分析し、原発に近い程関連死と認定された数が多いこと、全死者数に対する高齢者が占める割合に比べ高齢者の関連死者数が特に増加したとはいえず、高齢者であることが関連死の原因ではないことが明らか、と報告した。さらに、*避難所等における生活の肉体、精神的疲労、*避難所等への移動中の肉体、精神的疲労、*病院の機能停止による初期治療の遅れを原因としている。

福島県のまとめによると、避難者数は当初 16.5 万人であったが、2022 年 2 月現在、県外 2.7 万人、県内 6,700、計 3 万人超である。関連死者数は、直接死者数を上回る 2,331 人と異常な数にのぼる。このことは事故発生から 1 年経過後急増し、宮城と岩手県の関連死者数の合計 1,399 人と大差が生じた。事故後 6 年以降も年間 100 人超であり、2022 年 3 月時点において全死者数 4,162 人の 56%に達する。長期にわたる避難生活での疲労、ストレスが健康状態に深刻な影響を与え続けている。原発事故と深い関連があることが想像できる。

規制委の議論の中で、死者多数の要因を単なる避難行動に結びつけ、「屋内退避」の有効性を強調するのは、問題の本質は違うと推測する。原発近郊で生活する住民の被ばく問題も考慮すべきである。

7. 質問事項

以上の実測結果および研究成果の説明ならびに考察から、以下のように 4 項目の質問をまとめましたので、ご回答よろしくお願いたします。

【質問 1】 本質問書では、「屋内退避」時におけるグラウンドシャインに基づく外部被ばく低減効果について、3.11 時の実測結果およびシミュレーション解析結果等を提示しました。いずれの資料においても、建屋構造別の被ばく低減係数は大部分が「防災指針」に示された被ばく低減係数を上回っています。すなわち、規制委技術情報検討会の「外部被ばくの遮へい効果は、同一様式の家屋間では、海外の先行研究の知見と有為有意な差は認められなかった」との見解と相違していることは明らかです。「差は認められない」との定量的な根拠を示して欲しい。

【質問 2】 これまでの資料から明らかなように、外部被ばく低減係数および内部被ばく（甲状腺等価線量）低減係数は様々な要因によってその値が大きく変化することが分かった。その上で、「防災指針」の数値を当てはめるだけで、被ばくに対する一般公衆の被ばく管理が可能であるとする根拠、妥当性を示していただきたい。

より安全側に立った被ばく管理を行うためには、報告された調査研究資料の内容を精査して、被ばく低減係数の変動幅ならびに特異な事例を考慮して被ばく評価をする手法の確立が肝要と考える。そのような対処法についての見解を知りたい。

【質問 3】 PAZ 内の予防的「避難」行動に伴うリスクを抱える高齢者について、高齢者独居世帯および高齢者夫婦世帯が比較的多い現状を想定すると、「屋内退避」を選択する相当数の高齢者の存在が推

測できる。

そうした屋内退避が想定されている施設の構造、設備上の実態を把握し、低減係数の評価値および個々の積算根拠を公開していただきたい。また陽圧化施設のある施設については、希ガスなどによる被ばく線量評価についても、検討結果を明らかにしていただきたい。

【質問4】 貴課（原子力安全対策課）は、「原子力広報いばらき」PAZ・UPZ 版第5号（2023年2月新聞折込み配布）において、「屋内退避の有効性の周知」と題して、内閣府の研究結果を例示しながら「県では、木造を含む一般住宅における屋内退避の効果も具体的に分かりやすく示し、住民に周知するよう、国に対して要望しています。」としています。「屋内退避」の低減係数に関して「国」に対してどのような要望をしているのか具体的に提示して欲しい。どのような回答がありましたか。

参考文献

- [1] 原子力安全委員会 原子力施設等の防災対策について（防災指針） 昭和55年（1980）6月
- [2] 文部科学省 福島県内の学校の校舎・校庭等の利用判断における暫定的考え方について 平成23年4月19日
- [3] 泉 幸男・千田 徹・加藤義春、Isotope News 2012年10月号 No.702
- [4] xls-hashimoto の Excel 学：大熊町一時立入り時放射線モニタリング結果
http://xls-hashimoto.cool.coocan.jp/radiation_monitoring/kinayan/kinayan.html
- [5] 経済産業省 警戒区域及び計画的避難区域における詳細モニタリング結果の公表について 別紙4 道路・建物のモニタリング結果について 別紙4-2 公共施設・住宅モニタリングの調査概要と結果について 2011年11月16日
- [6] 原子力災害現地対策本部・県災害本部 福島県環境放射線モニタリング・集会所調査
- [7] 文科省「福島県内の学校等のモニタリング実施結果等」（校庭等の空間線量率）
- [8] 古田琢哉・高橋史朗、環境に沈着した事故由来の放射性セシウムからのガンマ線に対する建物内の遮へい効果及び線量低減効果の解析、日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究部門環境・放射線科学ユニット、JAEA-Research 2014-3, 2014年3月
- [9] 原子力規制委員会 緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について（案）平成26年度第9回原子力規制委員会 平成26年5月28日
- [10] 原子力規制委員会 原子力施設等防災対策等委託費（防護措置の実効性向上に関する調査研究）事業報告書 平成27年度～令和2年度（2015～2020）
- [11] 原子力規制委員会 技術情報検討会 資料49-1 屋内退避による被ばく低減係数に係わる委託研究の成果 令和3（2021）年9月9日
- [12] 内閣府（原子力防災担当）・日本原子力研究開発機構原子力緊急時支援センター 原子力災害発生時の防護措置—放射線防護対策が講じられた施設等への屋内退避—について 令和2（2020）年3月（令和4年10月改定）
- [13] 東海村 第8期東海村高齢者福祉計画・介護保険事業計画 2021年（令和3年）3月
*あなたと歩む介護保険 令和4年度版
- [14] 総務省統計局 平成30年住宅・土地統計調査 平成31（2019）年4月26日
- [15] 久保 稔・土田昭司・静間健人、福島県における東日本震災に伴う関連死に関する検討 日本原子力学会誌、Vol.59, No.12, p. 727-731 (2017)

【参考資料】

参考-1 3.8 μ Sv/時：学校の校舎・校庭等の利用判断における暫定的な目安について

平成23年4月19日 文部科学省が「校舎・校庭等の利用判断における暫定的考え方」を福島県教育委員会、知事、県内学校等へ通知した。

通知に記載されている3.8 μ Sv/時は、16時間の屋内（木造）、8時間の屋外活動の生活パターンを仮定して求めた。平常どおりの活動において、20mSv/年を超えることはない。

$$3.8\mu\text{Sv}/\text{年時} \times (8\text{時}/\text{日} + 16\text{時}/\text{日} \times 0.4) \times 365\text{日}/\text{年} = 20\text{mSv}/\text{年}$$

この暫定的考え方は、4月以降、夏休み終了までの期間を対象とした暫定的な目安である。学校等で観測される屋外の放射線量がこの基準を超える場合は屋外活動を制限するとし、それ未満の場合は平常とおり活動できるとした。ICRPは2007年勧告に関し、2011年3月21日の新声明「非常事態収束後の一般公衆における参考レベル（これを上回る線量は不適切と判断されるが、合理的に達成できる範囲で、線量の低減を図る）として、1～20mSv/年の範囲で考えることも可能」を出した。これを受けて、幼児、児童および生徒が通える地域において、暫定的な目安とし、今後できる限り線量を減少することが適切と考えられた。

0.4の根拠は、「通知」の中では触れられていない。

参考-2 0.23 μ Sv/時：長期的な目標として追加被ばく線量が年間1mSv以下について

事故由来放射性物質による環境の汚染が人の健康または生活環境におよぼす影響を速やかに低減するため、環境省特別措置法が平成23年8月30日施行された。同法第七条第2項基本方針の三 廃棄物の処理：周辺住民が追加的に受ける線量が年間1mSvを超えないようにする。四 土壌等の除染：一般公衆が居住する土壌等の除染に関する目安は、ICRPの2007年勧告および原安委の資料に基づき、年間20mSv（自然被ばく線量を除いた被ばく線量＝追加被ばく線量）以上の地域は迅速に縮小、それ未満の地域は、長期的な目標値として追加被ばく線量が年間1mSv以下を目指すものとする。ここで廃棄物の処理及び土壌等の除染のいずれもそれらを行う者に対する義務づけで、一般公衆についての被ばくの目安を定めたものではない。

0.23 μ Sv/時は1日のうち屋外に8時間、屋内（遮へい効果0.4の木造家屋）に16時間滞在という生活パターンを仮定して算出された。

$$0.19\mu\text{Sv}/\text{時} \times (8\text{時}/\text{日} + 16\text{時}/\text{日} \times 0.4) \times 365\text{日}/\text{年} = 1\text{mSv}/\text{年}$$

$$0.23\mu\text{Sv}/\text{時} = 0.19\mu\text{Sv}/\text{時} + 0.04\mu\text{Sv}/\text{時}$$

また、長期目標は除染だけでなく、モニタリング、食品の安全管理、リスクコミュニケーションなどの総合的な対策による。平均的にこの値未満の地域では局所的にこの線量率を超える場所があっても、除染の対象ではない。

参考とした資料

- (1) 松田文夫 告発・原子力規制委員会 2020年5月10日
- (2) 文部科学省 福島県内の学校・校庭等の利用判断における暫定的考え方について 平成23年4月19日
「福島県内の学校・校庭等の利用判断における暫定的考え方」等に関するQ&A
- (3) 国（環境省）が示す毎時0.23マイクロシーベルトの算出根拠 2018年2月9日

以上