

平成 28 年度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

日本原子力研究開発機構

2017 年 3 月

正誤表

令和 4 年 11 月

日本原子力研究開発機構

平成 28 年度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）事業報告書において、誤記がありましたので、下記の通り訂正いたします。

正誤箇所	誤				正			
P30 表 3.3 事故場所： チェルノブ イリ 測定場所： 日本	I ₂	HOI	CH ₃ I	粒子状ヨ ウ素	I ₂	HOI	CH ₃ I	粒子状ヨ ウ素
	<u>19±9</u>	<u>5±2</u>	<u>6±3</u>	<u>70±11</u>	<u>5±2</u>	<u>6±3</u>	<u>70±11</u>	<u>19±9</u>
P30 表 3.3 事故場所： 福島第一		測定場所				測定場所		
		測定期間				測定期間		
		茨城				茨城		
		<u>2016/3/14-16</u>				<u>2011/3/14-16</u>		
		福島第一				福島第一		
		<u>2016/3/19-26</u>				<u>2011/3/19-26</u>		
		福島第二				福島第二		
	<u>2016/3/19-26</u>				<u>2011/3/19-26</u>			
	茨城				茨城			
	<u>2016/3/19-26</u>				<u>2011/3/19-26</u>			
	福島第一、二				福島第一、二			
	<u>2016/3/29-31</u>				<u>2011/3/29-31</u>			
	茨城				茨城			
	<u>2016/3/29-31</u>				<u>2011/3/29-31</u>			

以上

目次

1. 実施計画.....	1
1.1 事業名	1
1.2 事業の目的	1
1.3 事業の内容	1
1.3.1 残されている課題や不明点・問題点、根拠等の整理.....	1
1.3.2 吸入被ばくの低減効果	2
1.3.3 外部被ばくの低減効果の評価.....	2
1.3.4 概要版の作成.....	3
1.4 実施方法	3
2. 吸入被ばく及び外部被ばくの低減効果を評価するうえでの課題、不明点、問題点、根拠.....	4
2.1 屋内退避による吸入被ばくの低減効果.....	4
2.2 屋内退避による外部被ばくの低減効果.....	9
2.3 車による避難時の吸入被ばくの低減効果.....	10
2.4 車による避難時の外部被ばくの低減効果.....	10
3. 屋内退避による吸入被ばくの低減効果.....	11
3.1 吸入被ばくの低減効果を評価するための各パラメータに関する文献調査とヒヤリング調査.....	11
3.1.1 吸入被ばく低減効果に係るパラメータ	11
3.1.2 自然換気率.....	12
3.1.3 室内での沈着速度.....	25
3.1.4 浸透率	27
3.1.5 24時間換気.....	28
3.1.6 過去の原因事故時に放出された放射性物質の形態.....	28
3.2 ラボ実験	31
3.2.1 ラボ実験概要.....	31
3.2.2 実験設備	31
3.2.3 動作確認試験.....	35
3.2.4 ラボ実験での課題点、注意すべき点の整理	53
3.3 実家屋実験	55
3.3.1 実家屋実験概要.....	55
3.3.2 実験対象家屋.....	55
3.3.3 実験方法と換気率導出方法	55
3.3.4 実験結果	56
3.3.5 変動要因の検討.....	56
3.4 吸入被ばく低減効果の解析	64
3.4.1 条件設定	64
3.4.2 解析結果	66
3.5 車両による吸入被ばく低減効果の検討.....	70
3.5.1 実験方法	70
3.5.2 実験結果	70

3.5.3 実験の課題点.....	70
4. 屋内退避による外部被ばくの低減効果.....	73
4.1 建物による被ばく低減効果の検討.....	73
4.1.1 外部被ばく低減効果に関するパラメータ等の調査.....	73
4.1.2 外部被ばくの低減効果の解析.....	87
4.1.3 外部被ばく低減係数の代表値.....	116
4.2 車両による外部被ばく低減効果の検討.....	125
4.2.1 車両による外部被ばくの低減効果を評価するための条件設定.....	125
4.2.2 車両による外部被ばくの低減効果の解析.....	127
5. 概要版の作成.....	128
6. 参考文献.....	152
付録1 ヒヤリング調査.....	158
付録2 原発立地付近の風速、温度調査の詳細.....	162
付録3 実家屋実験の詳細.....	176
付録4 吸入被ばく低減効果の解析の詳細.....	196
付録5 外部被ばく低減効果の解析に関する補足資料.....	221

1. 実施計画

1.1 事業名

平成 28 年度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

1.2 事業の目的

原子力災害時には、原子力施設から異常な水準で放射線または放射性物質が放出される前に屋内退避を実施することにより、被ばく線量を回避することができる。

この屋内退避の実効性を向上させるため、屋内退避による被ばく線量の低減効果に関する技術的知見をより詳しく整備する必要がある。屋内退避時の被ばく経路には、屋外からもたらされる外部被ばくと、屋内に侵入した放射性物質によりもたらされる吸入被ばくがあり、本事業では、この双方における被ばく線量の低減効果に関する技術的知見を整備する。

1.3 事業の内容

本委託事業は、平成 27 年度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技術的知見の整備）事業において得られた成果等を踏まえ、必要な文献調査を追加的に実施するとともに、吸入被ばくの低減効果の定量的な効果に資するラボ実験及び実家屋実験、並びに外部被ばくの低減効果の定量的な評価のための解析等を進める。また、併せて、本年度までに得られた成果について整理する。

なお、これら作業の実施に当たっては、必要に応じて専門家へのヒヤリング等を実施する。

1.3.1 残されている課題や不明点・問題点、根拠等の整理

平成 27 年度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技術的知見の整備）事業において得られた成果等を踏まえ、以下の項目について、吸入被ばく及び外部被ばくの低減効果を定量的に評価(代表値と主な変動要因・変動幅等)する上で残されている課題や不明点・問題点、根拠等を明らかにする。

- 1) 建屋分類毎の
 - ① 吸入被ばく低減効果
 - ② 外部被ばく(クラウドシャイン、グラウンドシャイン)の低減効果
- 2) 車による避難時の吸入被ばく及び外部被ばくの評価

上記 1) と 2) に際しては、平成 27 年度の事業で整理した

- 建物分類(種類及び建築時期)
- 吸入被ばくの低減効果に影響を与える因子
 - ・自然換気率
 - ・室内沈着速度
 - ・浸透率
- ※季節による変動等含む
- 事故時に放出される放射性ヨウ素の物理・化学形態

に留意して整理する。

なお、建屋分類のうち、住宅家屋については、必要に応じて、木造、煉瓦造、石造、コンクリートブロック造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造、及び鉄骨鉄筋コンクリート造のうち、一定の割合以上存在するもの、遮へい係数として特徴的な値を持つもので、まだ加えていないものがあれば、分類に加える。

また吸入被ばくの低減効果に影響を与える因子として、上記の他、例えば、

- ・強制換気
- ・マスクの効果

等重要な影響因子があれば、評価項目に加える。

1.3.2 吸入被ばくの低減効果

吸入被ばくの低減効果の定量的な評価のため、1.3.1 で整理した、残されている課題や不明点・問題点を解決するとともに、必要な根拠等を得ることを目的として、以下の項目についての文献調査やラボ・実家屋実験等を行う。

① 文献調査等

必要な追加的文献調査、根拠の一つとなっている論文等の妥当性に関する建築学等の専門家へのヒヤリング等を行う。

② ラボ実験

吸入被ばくの低減効果に影響を与える以下の因子について、ラボ実験を実施する。
なお、因子毎に列挙した項目のうち優先度が高いと考えられるものは、本年度の事業において寄与度を把握する。

a. 室内沈着速度

物理・化学形態／壁面と床面の材質／体積表面積比／換気率／粒径等

b. 浸透率

化学形態／隙間の材質／隙間形状／換気率／粒径等

また、上記 a 及び b 以外に重要な影響因子があれば、その影響特性を把握するためのラボ実験を追加して行う。

得られた知見については、建屋分類に対応させた吸入被ばくの低減効果として追加整理する。

③ 実家屋実験

吸入被ばくの低減効果に影響を与える自然換気率については、建屋分類、建築年、季節、室内外温度差／風速等を考慮した実家屋実験を行う。

1.3.3 外部被ばくの低減効果の評価

外部被ばく（クラウドシャイン、グラウンドシャイン）の低減効果を定量的に評価するため、1.3.1 で整理した、残されている課題や不明点・問題点を解決するとともに、必要な根拠等を得ることを目的として、以下の項目についての調査や解析等を行う。

① 文献調査等

必要な追加的文献調査や建築学等の専門家へのヒヤリング等を行う。

その際、特に文献調査で得られた結果(建屋分類に関する情報等)と建屋仕様との関係の明確化に留意する。

② 解析

外部被ばく（クラウドシャイン、グラウンドシャイン）の低減効果を定量的に評価する上で必要となる。例えば、代表的な壁材の選定、代表点の決め方、壁面や屋根の汚染の評価等の解

析を先行事例にも留意して実施する。

また、1.3.1において新たに加えられた建屋分類がある場合には、それに対応した外部被ばく（クラウドシャイン、グラウンドシャイン）の低減効果に関する解析を追加して実施する。

特に、木造家屋の遮蔽効果に対して、実際の木造家屋の構造を反映した検討も行う。

1.3.4 概要版の作成

本年度の事業までに得られた成果を基に、吸入被ばく及び外部被ばくの低減効果の定量的な評価結果について、代表値と主な変動要因・変動幅等を中心に概要版として整理する。

その際、本年度までに得られた知見等を基に、防護効果をより高める観点から屋内退避中に取りることが望ましい行動や注意事項等があれば、併せて整理する。

1.4 実施方法

1) 計画書の策定

受注者は、「1.3 事業の内容」を具体的に進めるにあたっての計画書（作業体制、実施スケジュール、管理方法等）を作成し、事前に原子力規制庁担当者の了解を得る。

2) 専門家による検討の場の設定

委託事業を効率的に進めるため、実施に当たって建築等の専門家による検討の場を設定し、仕様書に記載の事業目的に合致した調査、解析、実験等の進め方の検討を行うとともに、その進捗状況、成果の評価及びその後の進め方について検討を行う。

3) 事業の進捗報告

委託事業の進捗について、原子力規制庁担当者に定期的に報告を行う（報告の頻度は、2ヶ月に1回程度）。報告方法については、原子力規制庁担当者と調整する。

4) 事業成果報告書の作成

上記「1.3 事業の内容」の結果を事業成果報告書としてまとめる。

2. 吸入被ばく及び外部被ばくの低減効果を評価するうえでの課題、不明点、問題点、根拠

2.1 屋内退避による吸入被ばくの低減効果

(1) 吸入被ばく低減効果に係るパラメータ

屋内退避による吸入被ばくの低減効果を評価するために、室内の放射能濃度の情報が必要不可欠である。平成 27 年度の報告書では、室内の放射能濃度を評価するために、室内外の空気交換を模擬したコンパートメントモデル（以下、CP モデル）を使用した。作成した CP モデルは室内の放射能濃度の時間変化を把握するために、放射性物質の挙動を模擬した CP モデル（EPA, 1978; Brenk and Witt, 1987; Roed, 1991; Hussein et al., 2015; Thornburg et al., 2001）が基にされた（図 2.1）。このモデルは室外空気、室内空気、及び室内壁面の 3 つの CP から成る。室外と室内の空気交換は自然換気と強制換気のみであるとされた。空気交換の移行速度をそれぞれ自然換気率 λ_e と強制換気率 λ_f で表した。室外からの侵入は隙間、亀裂、換気扇のフィルターなどへの沈着による放射性物質のフィルタリングが考慮された。平成 27 年度の事業に引き続き、本事業においてもフィルタリングを表す物理量として浸透率 P を用いる。浸透率の定義は本来室外から侵入する物質の量に対する、隙間の壁面等に付着せずに実際に室内に侵入した量の割合である。室内の空間と壁面の放射性物質の交換は沈着と再浮遊のみであるとされた。それぞれの移行速度を沈着速度 λ_d と再浮遊速度 λ_r と表した。ここで、再浮遊速度は他の移行速度に比べて 2 桁以上小さいため、平成 27 年度の報告書では無視し、本報告書でも無視する。平成 27 年度の報告書では、図 2.1 に示された各パラメータの変動要因と変動幅に関して調査し、さらにブルーム通過継続時間も変動因子として調査した。

課題、不明点、問題点

- 平成 27 年度の報告書では木造、コンクリート造などの区別はせずに、戸建て住宅のみを対象に行った。そのため、他の建屋分類でも同様の CP モデルを適用可能であるかが不明点である。
- 建屋分類の違いによる差異は上記に示した変動因子のうち、どの因子で見られるかが不明点として挙げられる。
- CP モデルを使用する上での課題点として、吸入被ばくの低減効果を評価するうえで、上記に示した変動因子のみを考慮することで十分であるかを検討する必要がある。

(2) 自然換気率に係るパラメータ

自然換気率は住宅にどの程度隙間があるかに依存する。住宅にどの程度隙間があるかを示す尺度として隙間相当面積（C 値とも呼ばれる）が使われる。自然換気率は隙間相当面積に加えて、室外と室内の温度差、室外の風速、及び周辺環境の関数として表される（吉野他, 1984, 1987）。隙間相当面積は建築分類、建築年度、地域によって異なる。平成 27 年度報告書では、建築学会の報告書（村上他, 1983; 吉野他, 1987; 吉野, 1990; 吉野他, 1995; 村上他, 2006; 謝他, 2007; 藤原他, 2008; 吉野他, 2009）を基に、建築年毎の隙間相当面積をまとめた（図 2.2）。その結果、旧省エネルギー基準が告示された 1980 年と新省エネルギー基準が告示された 1992 年の翌年に隙間相当面積が小さくなっているように見られ、1980 年以前に建てられた住宅の隙間相当面積を約 $14 \text{ cm}^2 \text{ m}^{-2}$ 、1980–1992 年に建てられた住宅の隙間相当面積を約 $6 \text{ cm}^2 \text{ m}^{-2}$ 、1992 年以降に建てられた住宅の隙間相当面積を約 $2 \text{ cm}^2 \text{ m}^{-2}$ であると仮定した。

自然換気率は隙間相当面積のみならず、風速、室内外の温度差、及び周辺状況の情報が必要である。平成 27 年度の報告書では、風速と室外の温度を原子力施設周辺の自治体付近に設置されているアメダスでの測定値（2014 年の 1 年間）を用いて調査した。原発立地付近全ての地点の 1 年

間の平均風速は 2.0 m s^{-1} 、室外の温度は地域と季節によって異なり、室外の温度の中央値と地域間の幅は夏で 23.4°C ($19.8\text{--}26.4^{\circ}\text{C}$)、冬で 3.8°C ($-2.7\text{--}7.9^{\circ}\text{C}$) であった。室内の温度は一般的に快適な温度、冬において $18\text{--}23^{\circ}\text{C}$ 、夏において $25\text{--}27^{\circ}\text{C}$ を用いて、室内外の温度差を約 $12\text{--}22^{\circ}\text{C}$ であると仮定した。周辺状況について、平成 27 年度の報告書では原発立地付近には住宅があまり密集していないと判断し、建蔽率¹を 0%と仮定した。

自然換気率の値は吉野他 (1984)が報告した隙間相当面積と換気率の関係図 (図 2.3) を用いて推定された。吉野の関係図を用いて自然換気率を推定する際、上記の文献調査結果より、室内外の温度差を 20°C 、周辺状況を I (周りに障害物のない環境) として、風速を平均値の 2.0 m s^{-1} と仮定した。求められた自然換気率は、1980 年以前に建築された住宅では 1.3 h^{-1} 、1980–1992 年に建築された住宅では 0.5 h^{-1} 、1992 年以降に建築された住宅では 0.18 h^{-1} であると推定された。

課題、不明点、問題点

- 隙間相当面積は建築分類と地域によって異なると考えられるものの、平成 27 年度の報告書ではその違いを議論するまでの文献が得られていない。
- 2002 年以降の隙間相当面積が不明である。
- 各地域の建蔽率を調査する必要がある。
- ある季節、ある地域での自然換気率しか求められていないため、季節と地域による自然換気率の違いを調査する必要がある。
- 戸建て住宅のみの自然換気率しか求められておらず、それ以外 (例えば集合住宅) の自然換気率を導出する必要がある。
- 吉野他 (1984)の関係図が妥当であるかを確認する必要がある。

(3) 室内での沈着速度に係るパラメータ

室内の沈着速度は放射性物質の化学的性質と粒径、壁面と床面の材質、及び体積表面積比に依存する。平成 27 年度の報告書では、事故時の化学形態とその組成割合に関する文献をほとんど得られなかったため、全て粒子状または全て不活性ガスと仮定した。粒子状物質において、沈着速度は粒径に依存する。平成 27 年度の報告書では、福島原発事故とチェルノブイリ事故時に観測された粒径 $0.2\text{--}1 \mu\text{m}$ (Kaneyasu et al., 2012; Tschiersh and Georgi, 1987; Ogorodnikov et al., 1994; Baltensperger et al., 1987)が沈着速度を導出する際に用いられた。粒子状物質の沈着速度を導出する際、理論式と実験式 (Sehmel, 1973; Byrne, 1994; Schnreider et al., 1994; Reist, 1984) が用いられ、沈着速度は $0.1\text{--}1 \text{ h}^{-1}$ の値であると仮定された。ただし、壁面と床面の材質による沈着速度の違いは言及されていない。不活性ガスの沈着速度は 0 h^{-1} の値であると仮定された。

課題、不明点、問題点

- 原発事故時の化学形態とその組成割合が不明である。
- ガス状物質 (特に I_2 、 CH_3I 、 HOI) の沈着速度が不明である。
- 壁面と床面の材質の違いによる沈着速度への影響が不明である。

¹ 道路等を含むある土地面積に対する建築面積の割合。

(4) 浸透率に係るパラメータ

浸透率に関する知見は少なく、放射性物質の化学的性質と粒径、隙間の材質、長さ、大きさ、曲がり角の数などの特性に依存すると考えられている。沈着速度と同様に浸透率の値を設定する場合、全て粒子状または全て不活性ガスと仮定した。粒子状物質において、浸透率は粒径に依存すると考えられている。平成27年度の報告書では、エアロゾルを用いた実験 (Koutrakis et al., 1992; Wallace, 1996; Tung et al., 1999; Lewis, 1995) により導出された浸透率が用いられ、粒径 $0.2\text{--}1\ \mu\text{m}$ の浸透率は $0.5\text{--}1$ の値であると仮定された。ただし、隙間特性の違いによる浸透率の違いは言及されていない。不活性ガスの浸透率は 1 であると仮定された。

課題、不明点、問題点

- 原発事故時の化学形態とその組成割合が不明である。
- 隙間特性を把握する上で、家屋のどこから侵入しやすいかが不明である。
- ガス状物質（特に I_2 、 CH_3I 、 HOI ）の浸透率が不明である。
- 隙間特性の違いによる浸透率への影響が不明である。

(5) 強制換気に係るパラメータ

強制換気はレンジフード等に設置されている標準換気扇と24時間用換気扇の大きく二つに分けられる。これらに備えられているフィルターによる粒子の捕集効率は三菱電機のカタログにより調査され、 $0.2\text{--}1\ \mu\text{m}$ の粒子に対するフィルター効率は $0\text{--}75\%$ ²と仮定された。標準換気扇の強制換気率は三菱電機のカタログ調査により、 $8\text{--}22\ \text{h}^{-1}$ であると仮定された。24時間換気扇は新省エネルギー基準を満たすように、 $0.5\text{--}0.7\ \text{h}^{-1}$ に設定されている。

課題、不明点、問題点

- 24時間換気扇の実装率、稼働率
- エアコン稼働による換気率への影響の有無

² カタログ調査によると、給気用高性能除じんフィルターのフィルター効率は、粒径 $2\ \mu\text{m}$ の粒子で約 50% 、 $1\ \mu\text{m}$ で 25% 、 $0.5\ \mu\text{m}$ 未満の粒径ではフィルター効率が計測できていないことが示されていた。また、小粒径ほどフィルター効率が低いいため、フィルター効率を保守的に 0% と設定した。

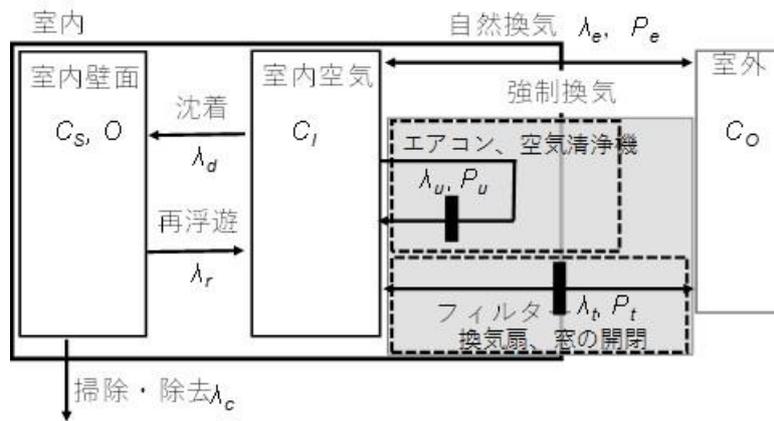


図 2.1 室内放射性物質の挙動を表した CP モデルの概要図、 C は各 CP の大気中濃度、 O は壁面上濃度、 λ は各 CP 間の移行速度、 P は浸透率。

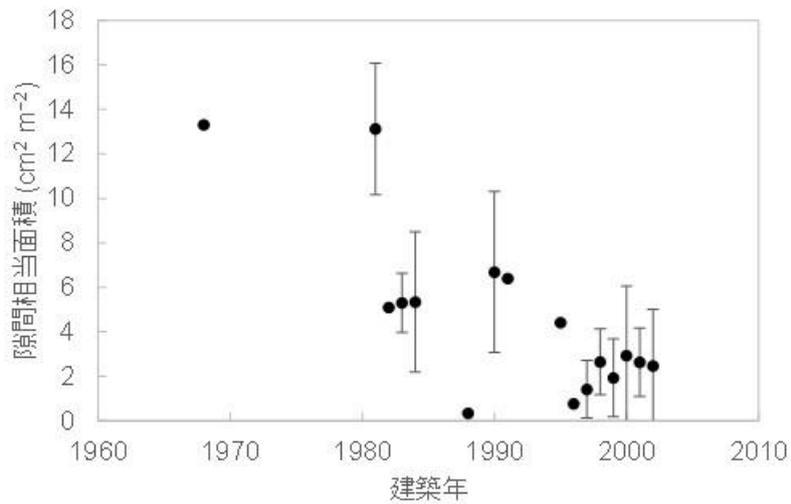


図 2.2 建築年と隙間相当面積の関係。隙間相当面積は各年の平均値と標準偏差を示す。

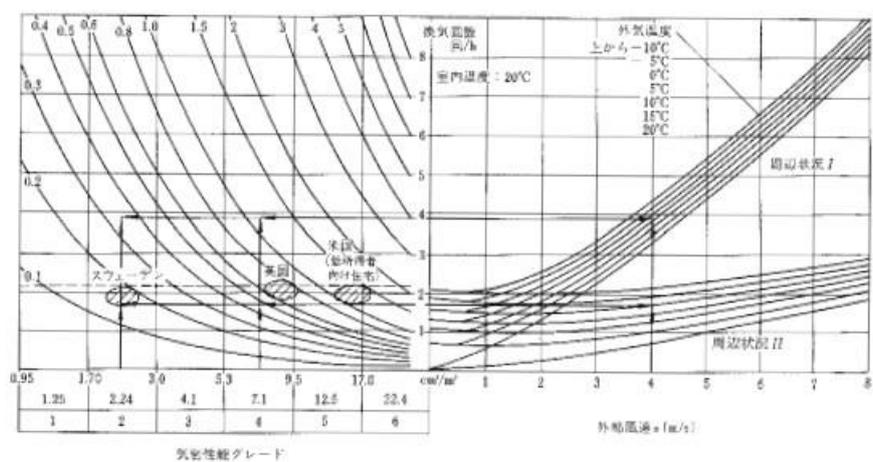


図 2.3 隙間相当面積と自然換気率の関係。自然換気率と換気回数とは同義。周辺状況 I は風上側に障害物がない場合、周辺状況 II は周囲に建物が立て込んでいる場合（吉野他, 1984）。

2.2 屋内退避による外部被ばくの低減効果

平成 27 年度の外部被ばく低減効果の評価を、以下のように実施した。

評価対象とした建屋は、木造家屋、集合住宅、病院、学校、及び体育館であり、先行研究（古田と高橋,2014）で検討されたモデルを採用した。それに基づいた外部被ばく低減効果の評価を実施した。日本の原子力発電所周辺の自治体における住宅の特性を反映するために政府統計を調査し、建築面積、建屋分布、建築年度等を整理した。この中で戸建て住宅の建築面積の統計値が示されており、周辺自治体の平均値（93 m²）を木造家屋の建屋モデルに反映し、解析を実施した。

原子力災害時において想定される被ばく経路として、原子力施設から放出された放射性核種が地表面に一様に分布するケース（以下、グラウンドシャイン）と放射性プルームを模擬して大気中に放射性核種が一様に分布するケース（以下、クラウドシャイン）を想定した。

外部被ばく低減効果評価に関する不明点、課題点に関して、建屋分類毎に以下に示す。

課題、不明点、問題点

●戸建て住宅

建屋の外部被ばく低減効果は、主に建屋の外壁の厚さと密度の積に左右される。平成 27 年度の評価では、戸建て住宅として二階建て木造住宅を選定し、その壁材を木製とした。しかしながら、国内では木造住宅の壁材として、サイディング材、モルタル等の様々な壁材が使用されている。さらに、木造以外に鉄骨造や鉄筋コンクリート造の住宅が存在する。これらの住宅の外部被ばく低減効果の違いは現状明らかではない。そこで、日本国内の実情を考慮した壁材等を設定して解析を行い、変動幅を確認することにより、平成 27 年度に実施した解析の妥当性を評価する必要がある。

●共同住宅

平成 27 年度の報告書では、五階建て鉄筋コンクリート造の共同住宅の解析を実施した。しかしながら、国内には低層の木造及び鉄骨造の共同住宅も多く存在するため、これらに関する被ばく低減効果の評価が必要である。

●公共施設

平成 27 年度の報告書では、公共施設として病院、学校、及び体育館を対象とした。病院と学校は、鉄筋コンクリート造を対象とした。統計データ等に照らし合わせて建築面積の確認が必要である。体育館に関して、壁材、屋根材等の見直しが必要である。

2.3 車による避難時の吸入被ばくの低減効果

車による避難時の吸入被ばくの低減効果に係るパラメータは屋内退避による被ばく低減効果に係るパラメータとほぼ同じである。大きく異なる点は材質であり、車のシート、ダッシュボード、及び車体の沈着速度と浸透率を導出する必要がある。また、換気率は車の速度に依存すると報告されており、Ott et al. (2007)は実験的に速度の違いによる換気率の違いを導出した。Ott et al. はさらにエアコンの稼働の有無による換気率への影響を調査した。

課題、不明点、問題点

- 自動車（日本車）の速度の違いによる換気率の違いを評価する必要がある。
- 自動車特有の材質に対する沈着速度と浸透率の値を評価する必要がある。

2.4 車による避難時の外部被ばくの低減効果

車による避難時の外部被ばくの低減効果の評価では、移動手段として乗用車とバスを想定した。乗用車とバスのサイズはカタログ調査を基に設定し、外部被ばく低減効果の解析を実施した。さらに乗用車に関して、車重が異なる4車種に対してグラウンドシャインの実測を行った。この結果、運転席上15cmの実測値と車内中央における解析結果の誤差は約10%以内で再現することができた。

課題、不明点、問題点

- バスの運転席と客席の位置による外部被ばく低減効果の違いを評価する必要がある。

3. 屋内退避による吸入被ばくの低減効果

平成 28 年度の本事業における吸入被ばく低減効果の評価に関して、2 章に示した課題点に基づいて、各種文献調査、建築専門家へのヒヤリング調査、及び実験を実施し、その調査結果を踏まえて被ばく低減効果の解析を実施した。

3.1 吸入被ばくの低減効果の評価するための各パラメータに関する文献調査とヒヤリング調査

ここでは、2.1 (1) で述べた課題点、不明点、問題点を解決するために行った文献調査とヒヤリング調査結果を示す。換気率に関するヒヤリング調査は建築を専門とする大学教授、建築メーカーに対して行い、文献は主に日本建築学会論文集、日本建築学会技術報告集、空気調和・衛生工学会論文集を調査した。沈着速度、浸透率に関する文献は主に Indoor air, Aerosol Science and Technology, Atmospheric Environment を調査した。ヒヤリング調査結果の詳細は付録 1 に示す。

3.1.1 吸入被ばく低減効果に係るパラメータ

吸入被ばくの低減効果の評価するうえで、平成 27 年度に作成した CP モデルに示したパラメータのみで十分であるかを評価するために、他の分野で扱われている CP モデルを調査した。You and Wan (2015) は室内への感染症の取り込みに対する新たなリスク評価手法として CP モデルを利用した。この CP モデルは平成 27 年度に作成した CP モデルに加えて、強制換気口からの再浮遊と呼吸が考慮されていた。このうち強制換気口からの再浮遊は、事故以前から換気口に放射性物質が付着している場合には考慮する必要がある。しかし本事業で扱うシナリオでは事故以前には換気口に放射性物質が付着していないとしており、換気口からの再浮遊は他の経路に比べて室内濃度への影響が十分に小さいため、本事業ではこの項を無視する。呼吸率は他の移行係数に比べて小さく、呼吸を考慮しても室内外の積分濃度比と室内外での放射性物質吸入量の比はほとんど同じである。そのため、平成 27 年度に作成した CP モデルに示したパラメータのみで吸入被ばくの低減効果を十分に評価することは可能である。

平成 27 年度では吸入被ばく低減効果を室内外の積分濃度の比として定義していた。しかしヨウ素を対象とする場合、化学形態により環境中の振る舞いが異なることと、放射能から線量への換算係数が異なるため、吸入被ばく低減効果を室内外の吸入被ばくによる被ばく線量の比として定義すべきである³。本事業ではヨウ素を対象とした場合を考え、室内外の組成比（粒子状とガス状の比）を考慮して、CP モデルを用いて室内外の吸入被ばくによる被ばく線量の比を算出し、吸入被ばく低減効果を導出する。

吸入被ばく低減効果を求める上で必要な室内放射能濃度に係るパラメータをまとめたものを図 3.1 に示す。この図は 3.1.2–3.1.6 項で記述する各パラメータの文献調査とヒヤリング調査結果を基に作成した。室内の放射能濃度を決定するパラメータは自然換気率、室内での沈着速度、浸透率、強制換気、再浮遊、室内ソースである。このうち、再浮遊と室内ソース（換気口からの再浮遊も含む）は前述したように事故初期時では他のパラメータに比べて室内濃度への影響が十分に小さいため、本事業では無視する。図 3.1 に示したパラメータのうち、建屋分類の違いによって、異なりうるパラメータは自然換気率に係る隙間相当面積、沈着速度に係る摩擦速度、浸透率に係る流速である。

3.1.2–3.1.6 項に図 3.1 に記された各パラメータの変動要因と変動幅に関して文献調査とヒヤリ

³ セシウム、プルトニウムなど他の核種を対象とする場合、ほとんどが粒子状のみまたはガス状のみであるため、積分濃度比と被ばく線量の比はほとんど同じである。

ング調査した結果を記す。

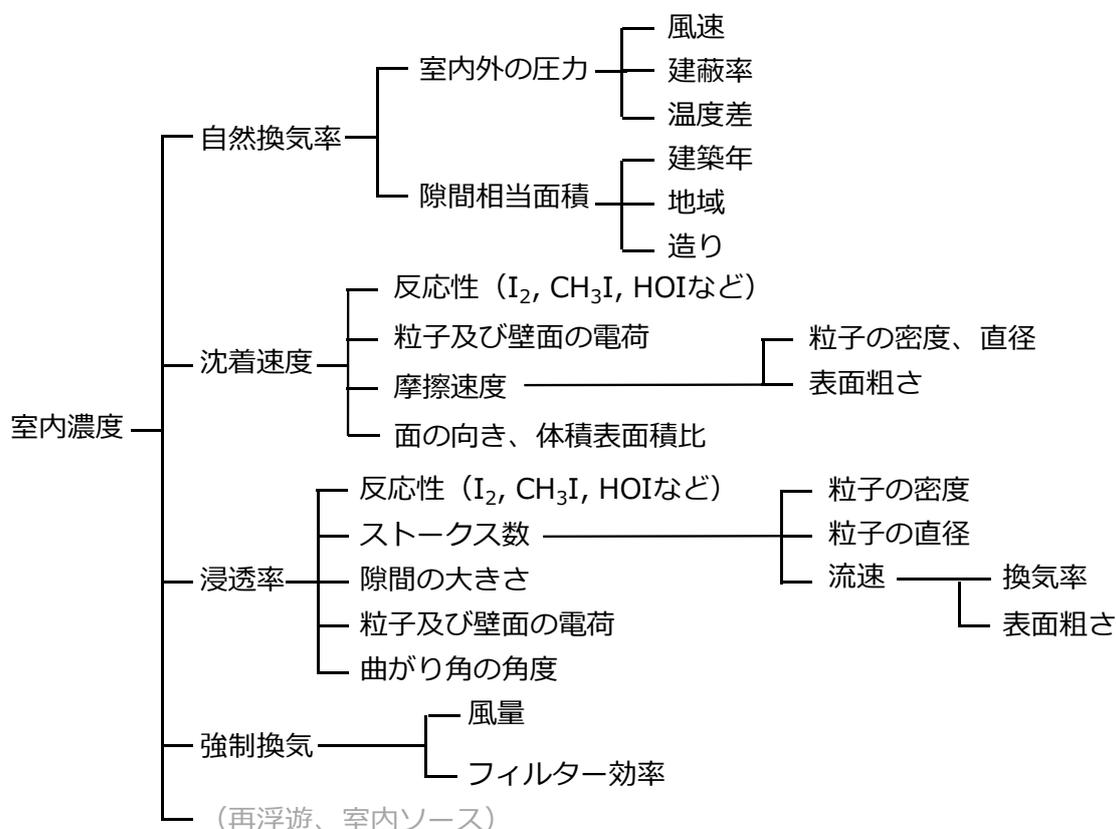


図 3.1 室内濃度に係るパラメータのまとめ

3.1.2 自然換気率

図 3.1 より、自然換気率は住宅の隙間相当面積（C 値とも呼ばれる）と室内外の圧力差に依存する。隙間相当面積は建築年、地域、建屋分類に依存し、室内外の圧力差は室外の風速と室内外の温度差に依存する（吉野他, 1984, 1987; 赤林他, 1994）。平成 27 年度報告書では、吉野他 (1984) の作成した自然換気率と隙間相当面積、風速、温度差の関係図を用いたが、赤林の指摘により本報告書では赤林他 (1994) が更新したものを使用する（図 3.2）。図 3.2 に示した関係図は風洞実験を基に作成したものである。関数のひとつとしてグロス建蔽率⁴（以下、単純に建蔽率と示す）が加えられている。図 3.2 を使用する際の注意点として、戸建て住宅にしか適用できず、マンションなどの集合住宅には適用できないことが指摘された。図 3.2 では室内外の温度差が考慮されておらず、温度差を考慮する場合は吉野他 (1984) の関係図（図 2.3）を基に考慮しても良いことが指摘された。

次に図 3.2 を用いる上で必要な戸建て住宅の隙間相当面積と室内外の圧力差に係るパラメータ（風速、室内外の温度差、建蔽率）の調査結果を示し、調査結果を基に推定した自然換気率と文

⁴ 空き地、道路、公園なども含めたある地域全体の面積に対して、建物の建築面積の総合計が何パーセントを占めているのかを表している建蔽率。

献調査で得られた自然換気率を示す。

(1) 隙間相当面積

建築年毎の戸建て住宅と集合住宅の隙間相当面積を図 3.3 に示す。図 3.3 は平成 27 年度報告書に示した図 (図 2.2) に新たな調査結果を追加したものである (三原他, 2004; 藤川他, 2010; 鳥海他, 2016; 林と大澤, 2012; 林他, 2015; 齋藤他, 2008 など)。図 3.3 を見ると、平成 27 年度報告書で示した傾向と同様に、隙間相当面積は 1995 年までは年々小さくなっており、それ以降はほぼ横ばいであるように見える。戸建て住宅と集合住宅を比較すると、1995 年までは集合住宅の隙間相当面積が小さい傾向であり、それ以降では集合住宅と戸建て住宅で大きな差異が見られない。

戸建て住宅に対して、建築分類ごとに示した隙間相当面積と建築年の関係を図 3.4 に示す。木造以外の建築分類のデータ数は少ないものの、建築分類の違いによる隙間相当面積の違いは見られない。それ故、本事業では建築分類の違いによる隙間相当面積の違いはないとした。

戸建て住宅に対して、地域ごとに示した隙間相当面積と建築年の関係を図 3.5 に示す。ここで、北海道、東北、北陸地方を北地域、その他を南地域と分類した。どの年代においても、北地域の隙間相当面積が南地域よりも小さい傾向が見られる。北地域と南地域で建築年毎に隙間相当面積をまとめると、北地域では 1980 年以前の隙間相当面積は約 $15 \text{ cm}^2 \text{ m}^{-2}$ 、1980–1992 年で約 $5 \text{ cm}^2 \text{ m}^{-2}$ 、1992 年以降で約 $2 \text{ cm}^2 \text{ m}^{-2}$ であり、南地域では 1980 年以前の隙間相当面積は約 $17 \text{ cm}^2 \text{ m}^{-2}$ 、1980–1992 年で約 $8 \text{ cm}^2 \text{ m}^{-2}$ 、1992 年以降で約 $5 \text{ cm}^2 \text{ m}^{-2}$ である。

(2) 室内外の圧力差

① 風速

室内外の圧力差に影響を与えるパラメータは風速、建蔽率、室内外の温度差である。この中で風速は自然換気率に最も影響を与えるパラメータである。そこで日本での原子力施設周辺の自治体における風速の調査を行った。期間は 2011–2015 年である。使用した風速は、アメダス (地上高さ 10 m) で測定された 1 時間の平均風速である。各市町村の風速の頻度分布を図 3.6 に示す。付録 2 には季節ごとの風速の頻度分布を示す。風速の最頻値は自治体によって異なり、 $1\text{--}4 \text{ m s}^{-1}$ である。どの年、季節においても御前崎と敦賀で風速が大きく、唐津、浪江、六ヶ所で風速が小さい傾向は変わらなかった。対象地域全体での風速の 50 パーセンタイル値は 2 m s^{-1} 、風速の大きい御前崎と敦賀での 50 パーセンタイル値は 4 m s^{-1} 、風速の小さい唐津、浪江、六ヶ所での 50 パーセンタイル値は 1 m s^{-1} であった。

② 室内外温度差

室内外の温度差を調査するために、風速の調査と同じ地点・期間で室外温度の調査を行った。使用した室外温度はアメダスで測定された 1 日の平均温度である。室内外の温度差が大きくなるのは、冷暖房を使用する夏と冬である。各市町村の夏 (7–9 月) と冬 (1–3 月) の室外温度の頻度分布を図 3.7 と図 3.8 に示す。付録 2 には春、秋の室外温度の頻度分布も示す。室外温度の最頻値は自治体によって異なり、夏で $19\text{--}28^\circ\text{C}$ 、冬で $-3\text{--}8^\circ\text{C}$ であった。張他 (2009) が全国の室内温度を調査しており、夏季 (7、8 月) における室内温度は北部 (北海道、東北、北陸) で平均 25°C 、南部 (北部以外) で平均 27.5°C 、冬季 (1、2 月) における室内温度は北部で平均 20°C 、南部で平均 16.5°C であった。以上より、室内外の温度差は夏季に 5°C 程度、冬季に最大で 30°C 程度である。

③ 建蔽率

建蔽率を調査するために、Google map を用いて各原子力施設周辺の自治体の建蔽率の調査を行

った。本事業では Urban（駅近く、市街地など住宅が込み入っている場所）、Suburban（市街地から離れた場所、公園または学校近くなど住宅が込み入っていない場所）、Rural（散村）に分類して調査した。各原子力施設につき、Urban と Suburban に対して無作為に 9 つの対象家屋を選び、その対象家屋の建蔽率を調査した（図 3.9）。ヒヤリング調査より、周囲の建物が対象家屋に及ぼす影響の範囲は建物高さの約 3 倍と指摘された。一般家屋の高さは 6 m 程度であるため、ここでは対象家屋から 20 m 離れたエリア内で建物の建築面積が占める割合を求めた（式(3.1)）。Rural のように家屋が散在するエリアでは建蔽率がほとんど 0% となるため、調査を行わなかった。

$$\text{建蔽率} = \frac{\text{エリア内に存在する建物の総建築面積（図中の青面積）}}{\text{対象家屋を除いたエリア面積（図中の太線内の面積－赤面積）}} \quad (3.1)$$

調査した結果、Suburban での建蔽率は約 20%、Urban では約 40%であった。Urban では建蔽率が 40%を超える地点も見られた。しかし建蔽率が 40%以上では、建蔽率が増加しても対象家屋に及ぼす影響はほとんど変わらないことが指摘された。それ故、建蔽率が 40%を超える家屋では建蔽率を全て 40%とした。

(3) 自然換気率推定値と文献調査結果

上述した自然換気率に係るパラメータのまとめを表 3.1 に示す。表 3.1 に示した値と赤林の関係図（図 3.2）を用いて、戸建て住宅の自然換気率を推定した（表 3.2）。ここで、室内外の温度差が 5℃の場合は、室内外の温度差がない場合と自然換気率がほとんど同じであるため、省略する。

推定した結果、自然換気率は 0.05–3.5 h⁻¹ の値であった。自然換気率が最大値をとる条件として、冬季で風速が 4 m s⁻¹、建蔽率が 0%（散村）、建築年が 1980 年以前の北地域に属する家屋である。町部（建蔽率が 20%以上）の場合、自然換気率の最大値が 1.5 h⁻¹ であり、散村部と町部で自然換気率が 2 倍程度異なった。建蔽率が大きくなると、風速の自然換気率への影響が小さくなる。温度の自然換気率への影響は風速が強いほど小さくなる。

文献調査で得られた自然換気率実測値と建築年の関係を図 3.10 に示す。なお、ここで示した自然換気率を導出する際の風速、室内外温度差、建蔽率の条件は文献中に示されていなかった。また、地域ごとに自然換気率を示すほどのデータ数は得られなかったため、全ての地域をまとめて示す。1980 年以前の家屋の自然換気率は約 1 h⁻¹、1980 年から 1992 年では約 0.4 h⁻¹、1992 年以降では約 0.2 h⁻¹ であった。これらの値と赤林の関係図から推定した値はほぼ同等であり、赤林の関係図から推定した値は十分に妥当であることが分かる。

表 3.1 文献調査した各パラメータのまとめ

		備考
隙間相当面積の平均値	15 cm ² m ⁻²	1980 年以前、北
	17 cm ² m ⁻²	1980 年以前、南
	5 cm ² m ⁻²	1980～1992 年、北
	8 cm ² m ⁻²	1980～1992 年、南
	2 cm ² m ⁻²	1980 年以降、北
	5 cm ² m ⁻²	1980 年以降、南
風速の 50 パーセンタイル値	2 m s ⁻¹	対象地域全体
	4 m s ⁻¹	最大地点 (御前崎、敦賀)
	1 m s ⁻¹	最小地点 (唐津、浪江、六ヶ所)
室内外温度差	0 °C	春、秋
	5 °C	夏
	30 °C	冬、北
建蔽率	0%	散村地域
	20%	市街地から離れた町部など
	40%	市街地など

表 3.2 自然換気率推定値 (h⁻¹)のまとめ

建蔽率	隙間相当面積	温度差なし			温度差 30 °C		
		1 m s ⁻¹	2 m s ⁻¹	4 m s ⁻¹	1 m s ⁻¹	2 m s ⁻¹	4 m s ⁻¹
0%	2 cm ² m ⁻²	0.05	0.1	0.3	0.15	0.2	0.4
	5 cm ² m ⁻²	0.1	0.3	0.8	0.4	0.5	1.0
	8 cm ² m ⁻²	0.2	0.4	1.2	0.7	0.8	1.6
	15 cm ² m ⁻²	0.4	0.8	2.0	1.1	1.5	3.5
	17 cm ² m ⁻²	0.5	1.0	3.0	-	-	-
20%	2 cm ² m ⁻²	0.05		0.1	0.15		0.2
	5 cm ² m ⁻²	0.1		0.3	0.4		0.45
	8 cm ² m ⁻²	0.2		0.4	0.7		0.8
	15 cm ² m ⁻²	0.4		0.8	1.1		1.3
	17 cm ² m ⁻²	0.5		1.0	-		-
40%	2 cm ² m ⁻²	0.05			0.15		
	5 cm ² m ⁻²	0.1			0.4		
	8 cm ² m ⁻²	0.2			0.7		
	15 cm ² m ⁻²	0.4			1.1		
	17 cm ² m ⁻²	0.5			-		

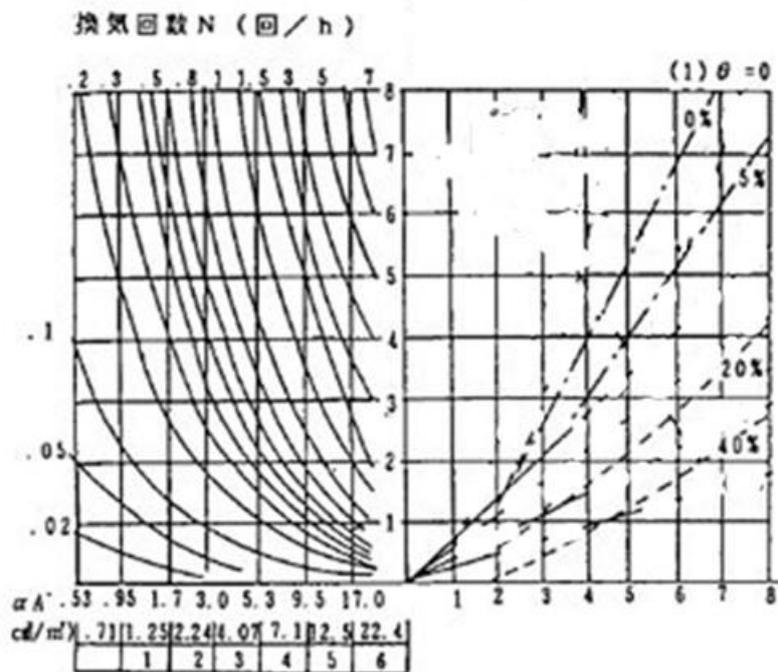


図 3.2 隙間相当面積と自然換気率の関係。自然換気率と換気回数は同義。右側の値はグロス建蔽率を表している (赤林他, 1994)。

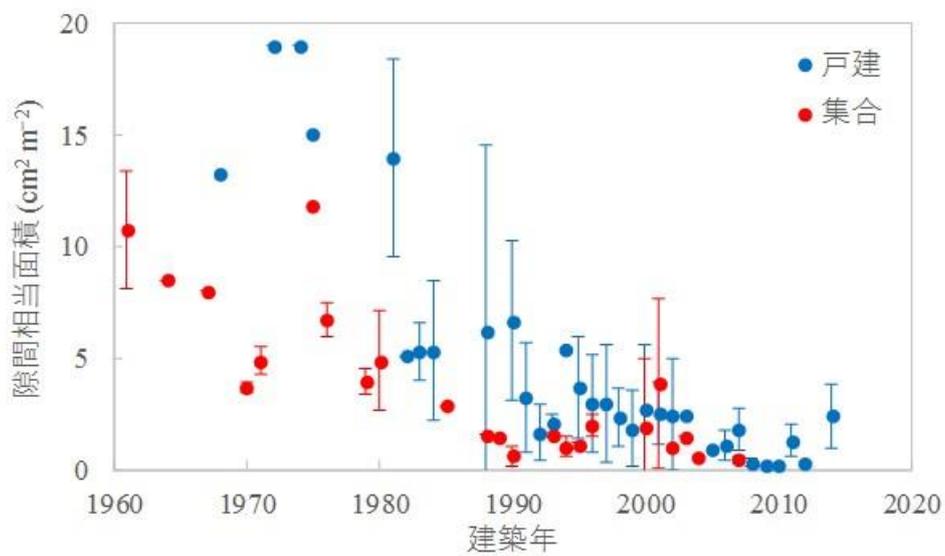


図 3.3 隙間相当面積と建築年の関係。隙間相当面積は各年の平均値と標準偏差を示す。

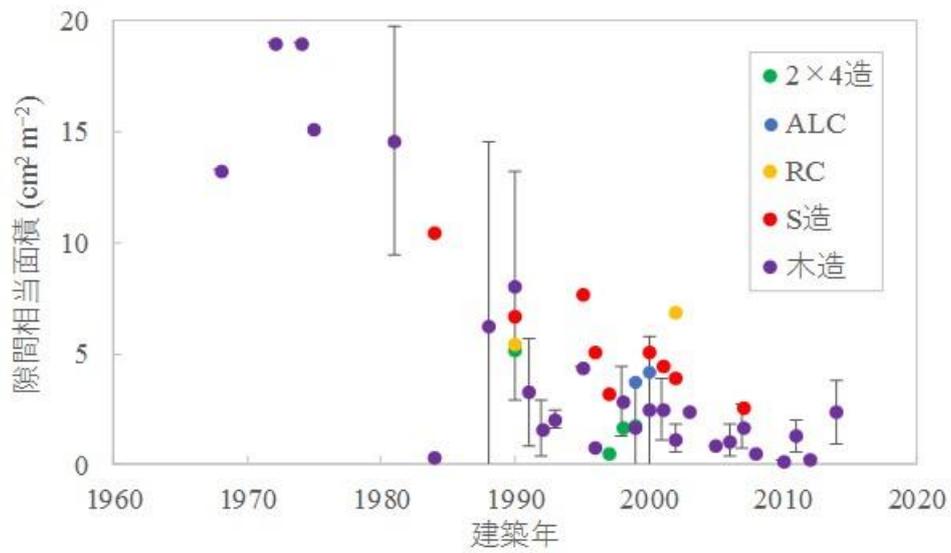


図 3.4 建築分類ごとに示した戸建て住宅の隙間相当面積と建築年の関係。隙間相当面積は各年の平均値と標準偏差を示す。図 3.4 または図 3.5 の一方にしか示されていない点は、分類するための情報が得られなかったことによる。

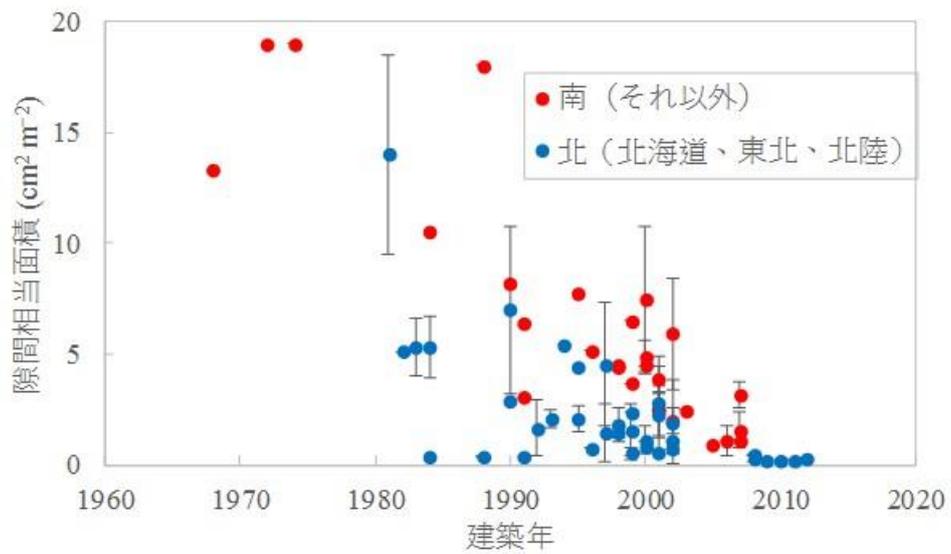


図 3.5 地域ごとに示した戸建て住宅の隙間相当面積と建築年の関係。隙間相当面積は各年の平均値と標準偏差を示す。図 3.4 または図 3.5 の一方にしか示されていない点は、分類するための情報が得られなかったことによる。

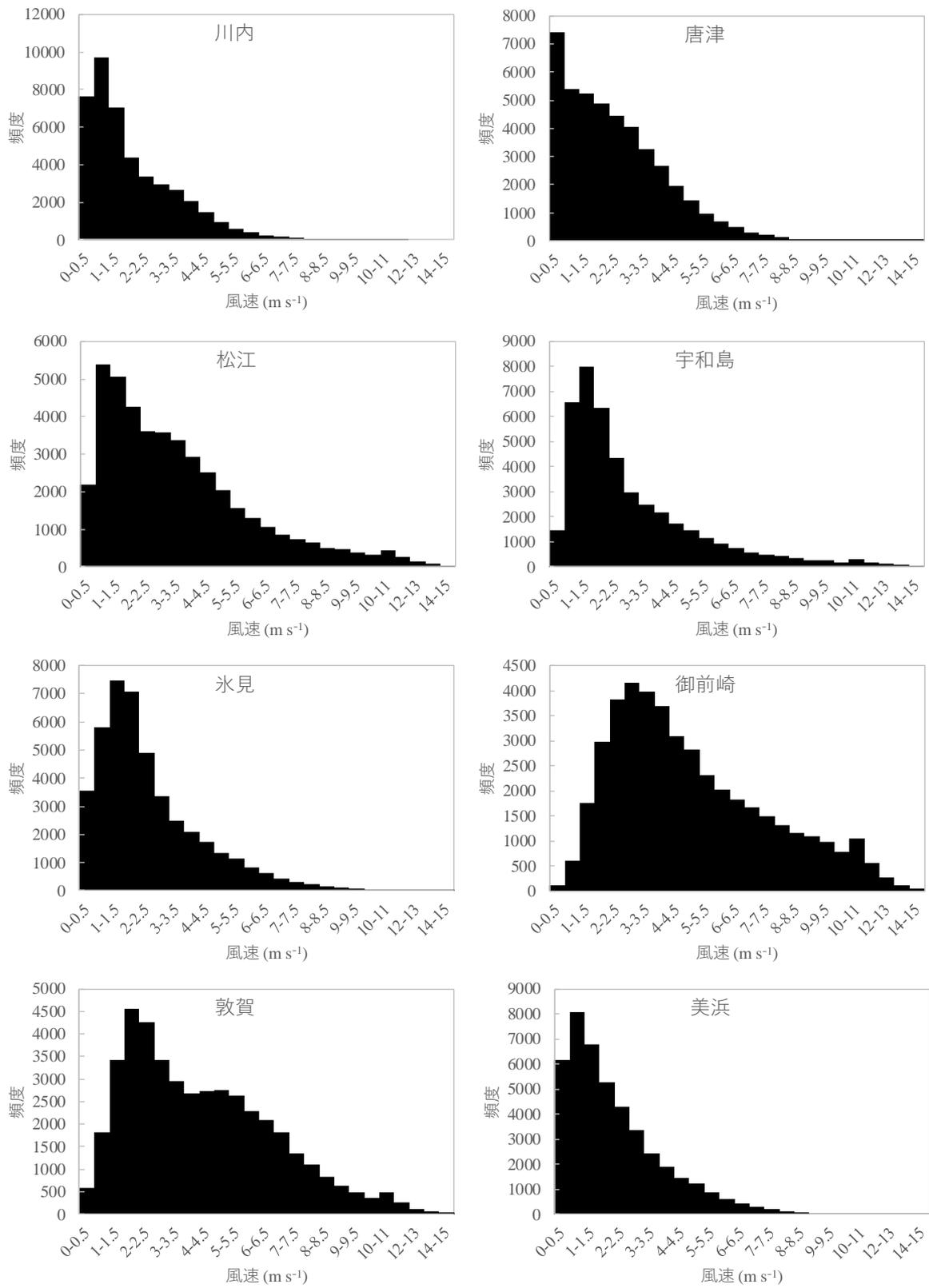


図 3.6 各市町村の 1 時間平均風速の頻度分布 (1/2)

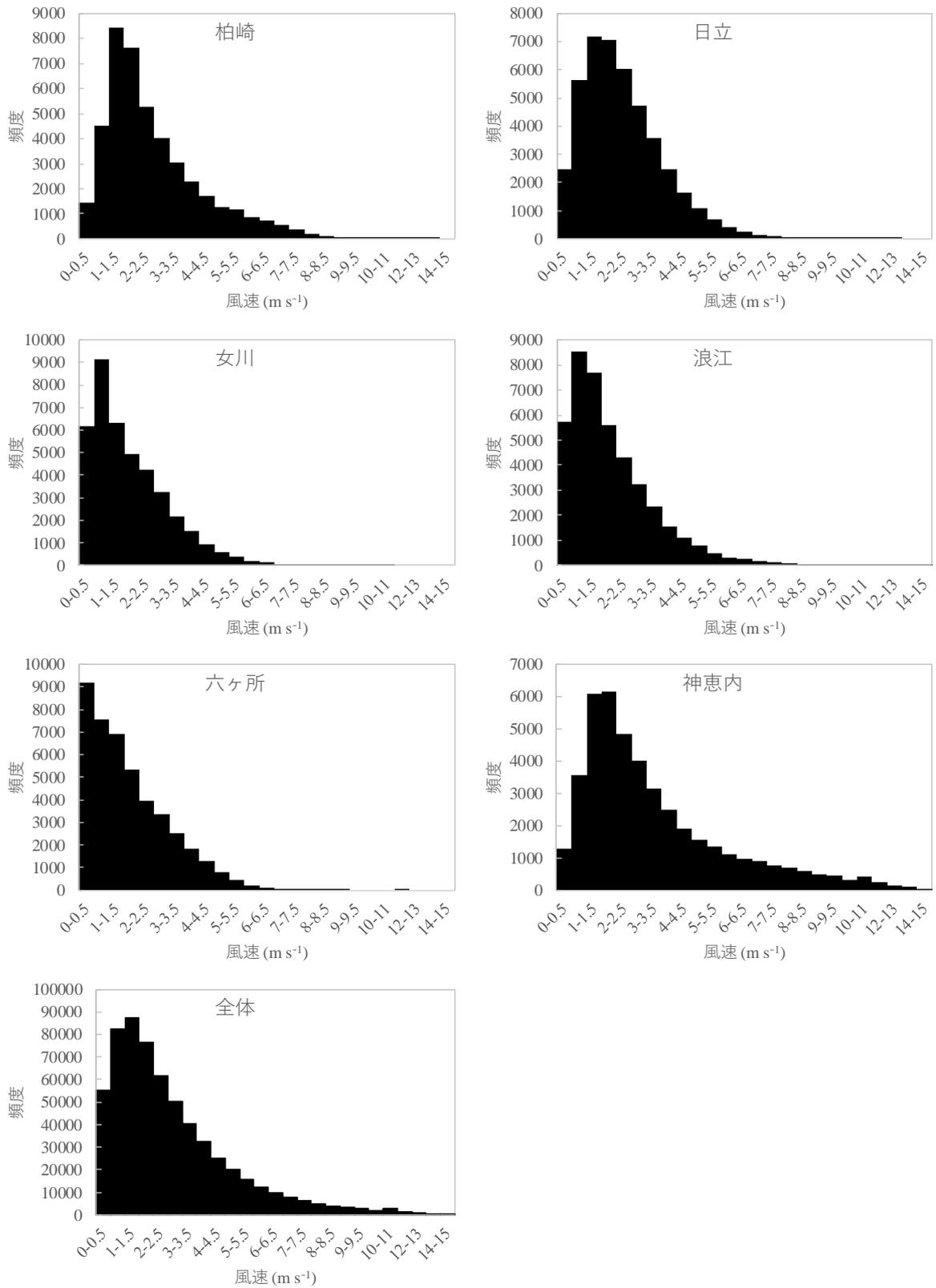


図 3.6 各市町村の 1 時間平均風速の頻度分布 (2/2)。全体は対象地域の合計である。

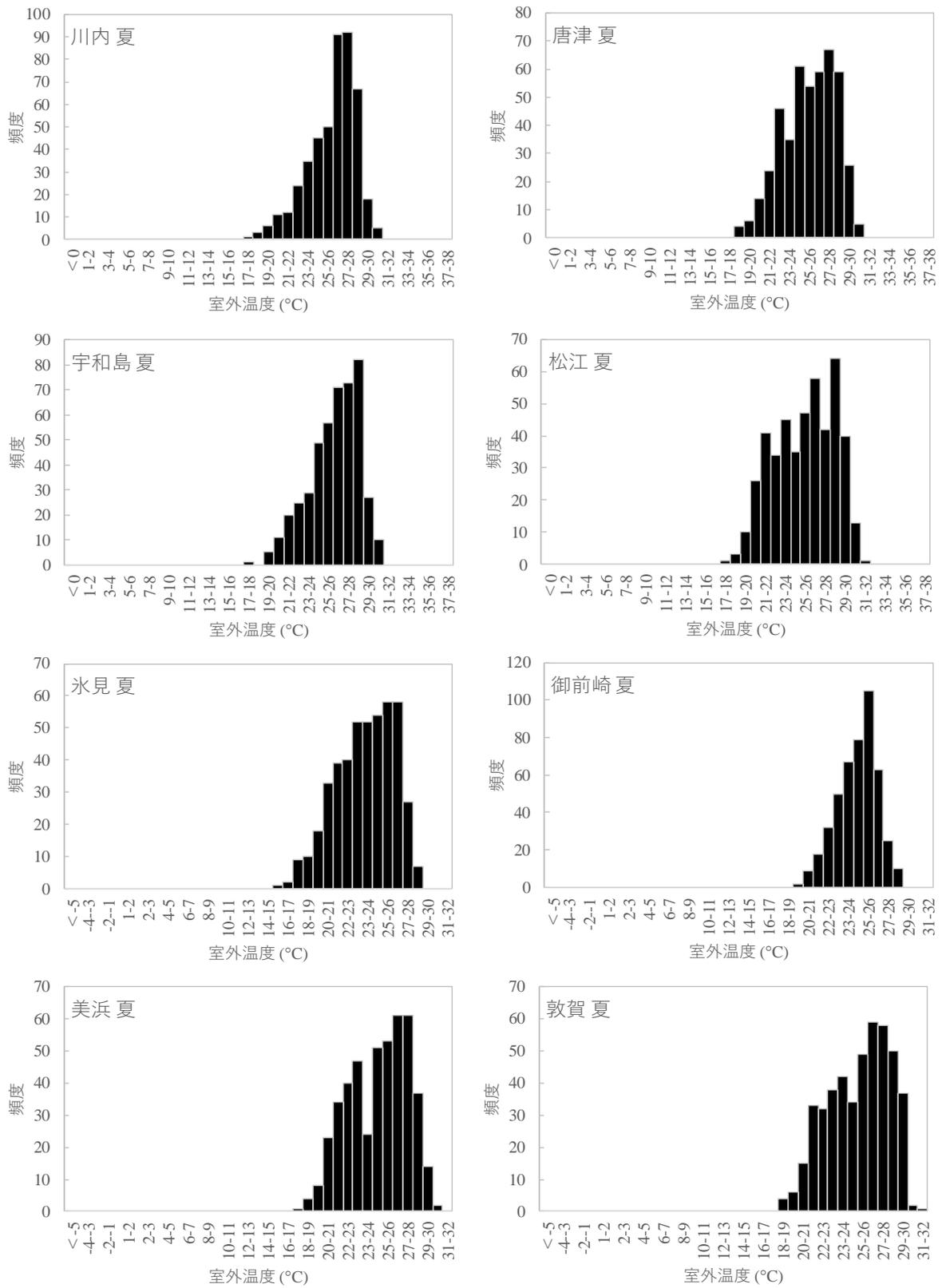


図 3.7 夏季（7-9月）における各市町村の1日間平均温度の頻度分布（1/2）。

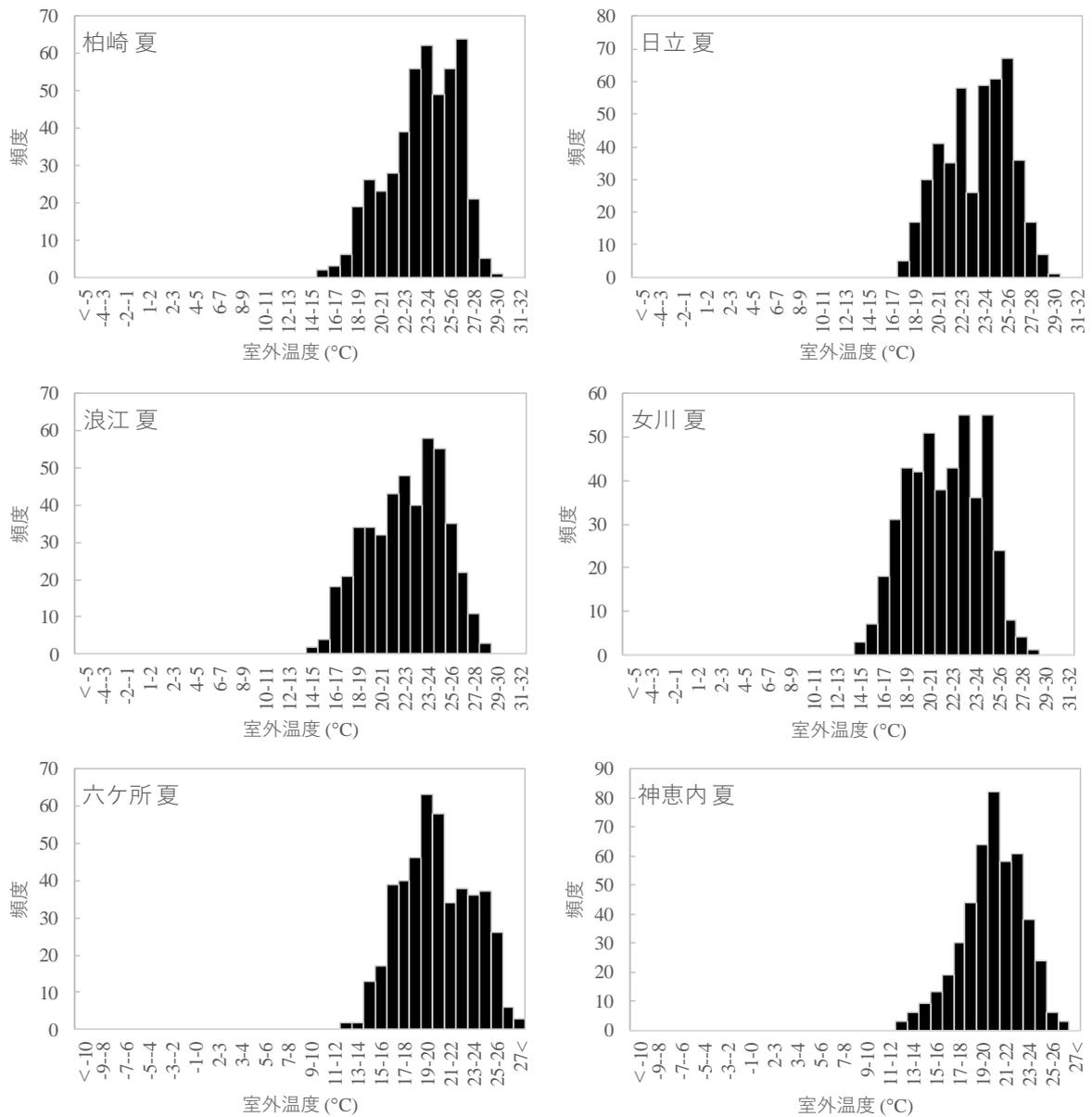


図 3.7 夏季（7-9月）における各市町村の1日間平均温度の頻度分布（2/2）。

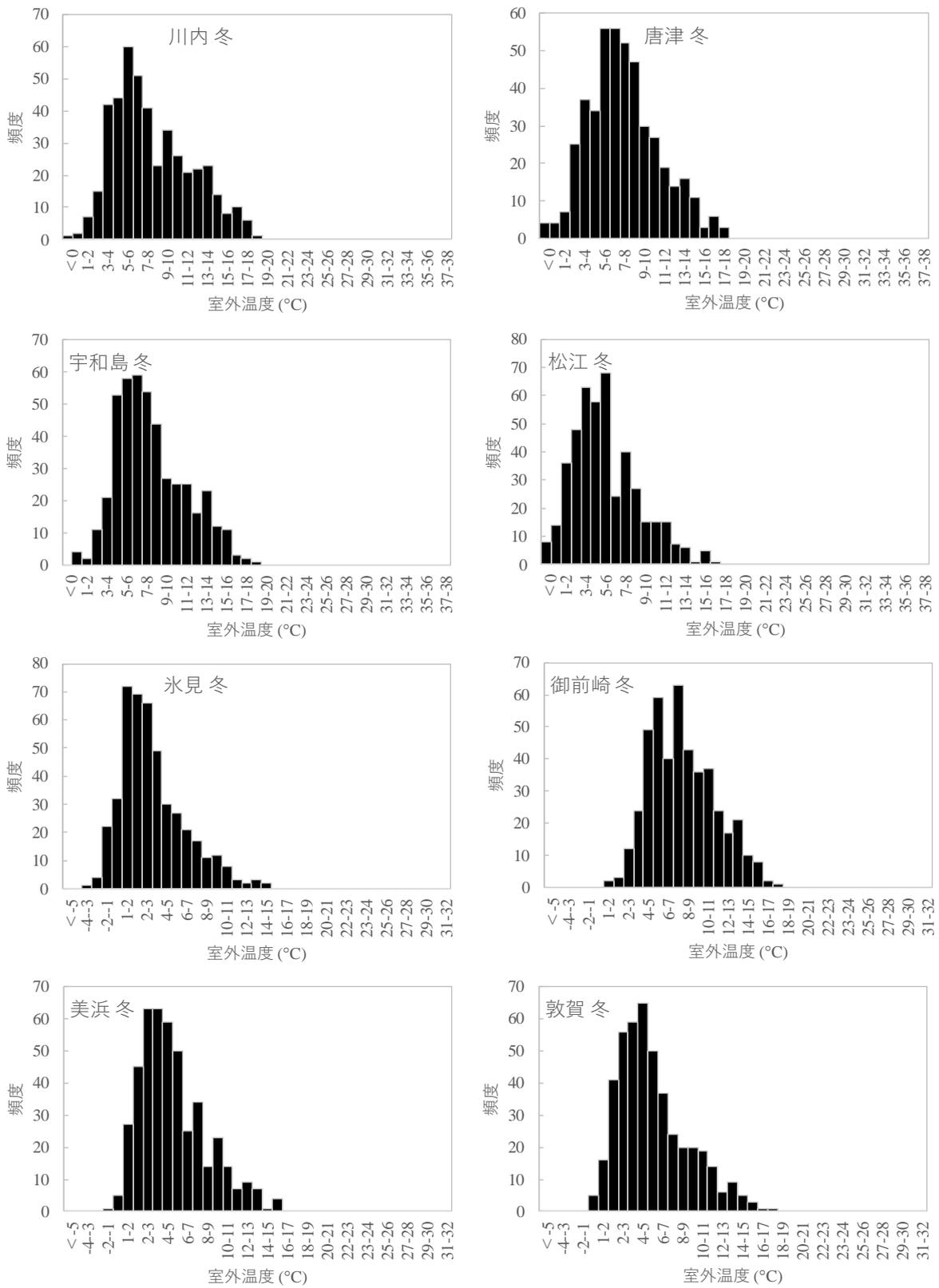


図3.8 冬季（1-3月）における各市町村の1日間平均温度の頻度分布（1/2）。

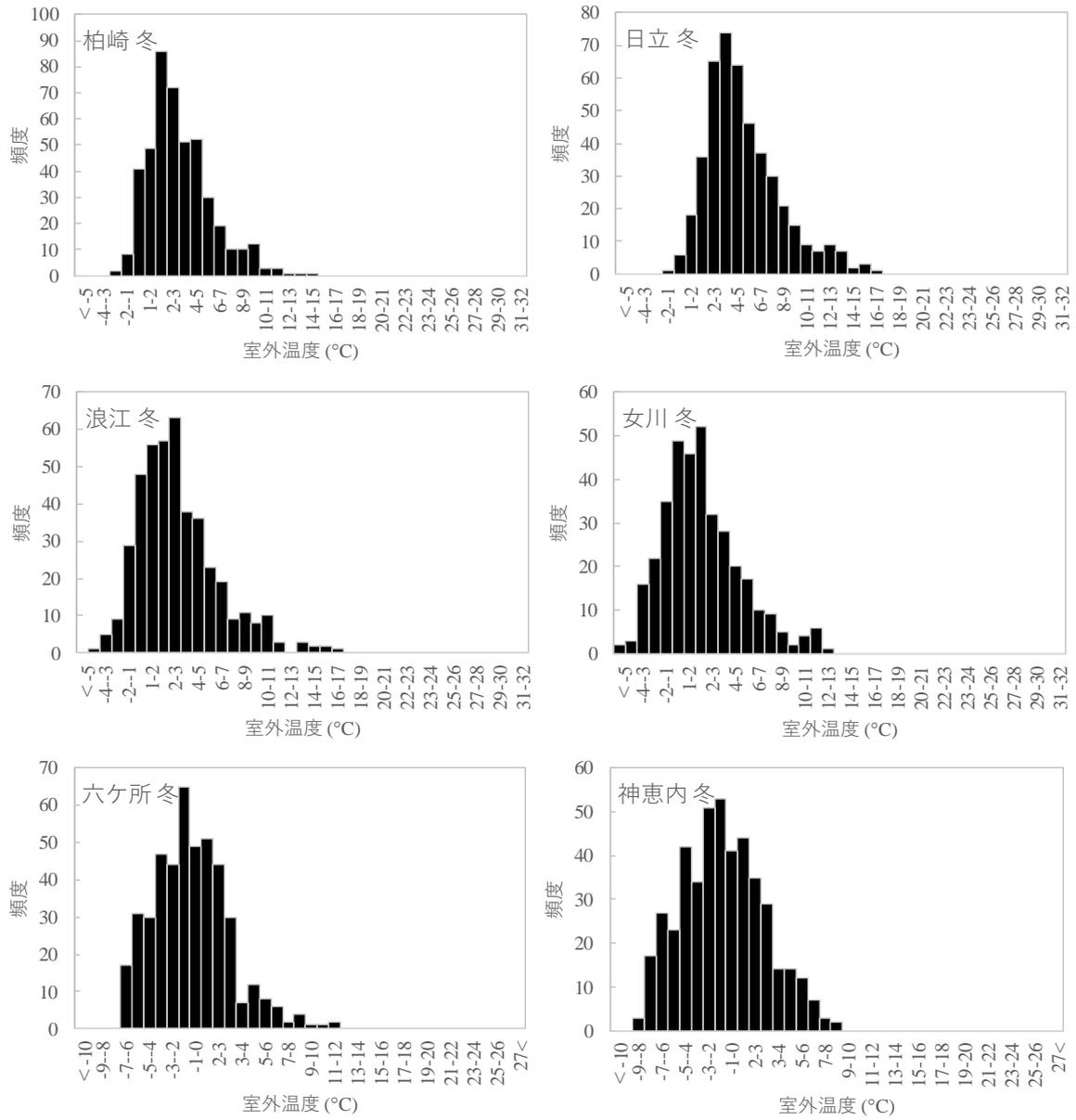


図 3.8 冬季（1-3 月）における各市町村の 1 日間平均温度の頻度分布（2/2）。

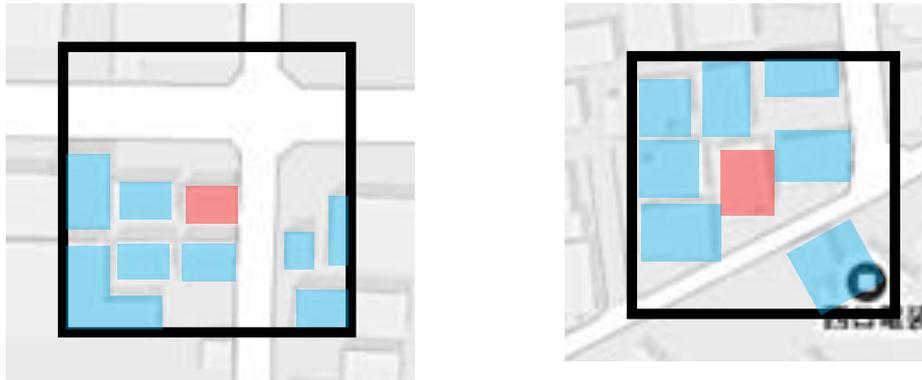


図 3.9 建蔽率算出例（左：Suburban 建蔽率 20%、右：Urban 建蔽率 40%）。赤は対象家屋、青はエリア内に存在する建物、黒枠は対象家屋から 20 m 離れた位置。

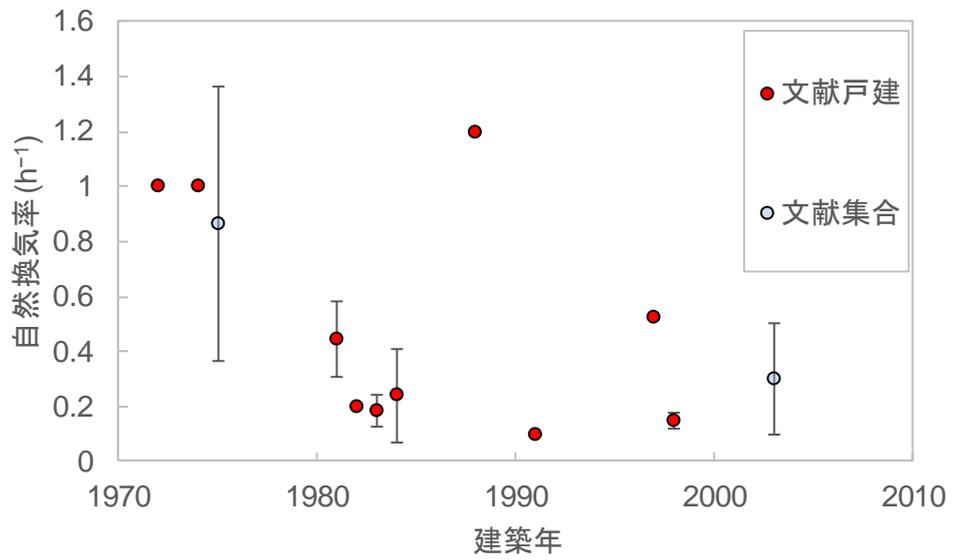


図 3.10 文献調査で得られた自然換気率実測値と建築年の関係

3.1.3 室内での沈着速度

Sehmel (1980)、Nakamura and Ohmomo (1980a, b)、Maqua et al. (1987)は過去の原因事故時の測定値を基にヨウ素の化学形態ごとに室外での沈着速度を求めた。粒子状物質（粒子状ヨウ素、粒子状セシウム）の沈着速度は $0.05\text{--}0.1\text{ cm s}^{-1}$ 程度⁵、 I_2 の沈着速度は $0.02\text{--}20\text{ cm s}^{-1}$ 、 CH_3I の沈着速度は $10^{-4}\text{--}10^{-2}\text{ cm s}^{-1}$ と推定された。室内での沈着速度に関する文献はエアロゾルなどの粒子状を対象としたものが主であり、 I_2 、 CH_3I などのガス状を対象としたものは見つからなかった。ガス状の沈着速度を導出するため、本事業では3.2節に示すラボ実験を行う。

Thatcher et al. (2003)は実家屋でエアロゾル環境を変えて室内での沈着速度を導出する実験を行った。粒径が $0.1\text{--}1\text{ }\mu\text{m}$ の粒子の沈着速度は $0.1\text{--}1\text{ h}^{-1}$ の値を示し、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の粒子では粒径が大きいほど沈着速度が大きい傾向が見られた。注意点として、実験では室内でファンを動かしていたため、沈着速度が他の実験よりも高い可能性が指摘されている。

Lai and Nazaroff (2000)、野口他 (2011)は沈着速度に依存するパラメータを把握するために、粒子の沈着過程をモデル化した。彼らの計算によると、摩擦速度が沈着速度において重要であることが示された。さらに粒径が $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 未満の粒子では面の向きに沈着速度は依存しないものの、 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の粒子では床面以外への沈着はほとんど起こらないことが指摘されている。

Lai (2004)、伊藤他 (2011)は過去に報告された沈着速度のレビューを行った (図 3.11)。今までの知見をまとめると、強制対流がある場合に沈着速度は大きく、表面粗さが粗いほど沈着速度が大きい傾向が見られた。これらの傾向は、 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 未満の粒子ほど顕著に見られることが指摘された。

Otani et al. (1989)、Opiolka et al. (1994)、山下他 (1991)は粒子の電荷による沈着速度への影響をモデル計算と実験により調査した。電荷が大きいほど沈着速度が大きい傾向が示された (図 3.12)。この傾向は $1\text{ }\mu\text{m}$ 未満の粒子で顕著であり、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の粒子は重力沈降が支配的であるため、電荷による影響が小さいことが指摘された。

⁵ これら文献で用いられている沈着速度は大気中から地面方向へ落下する速度を表しているため、単位に長さの次元が含まれている。

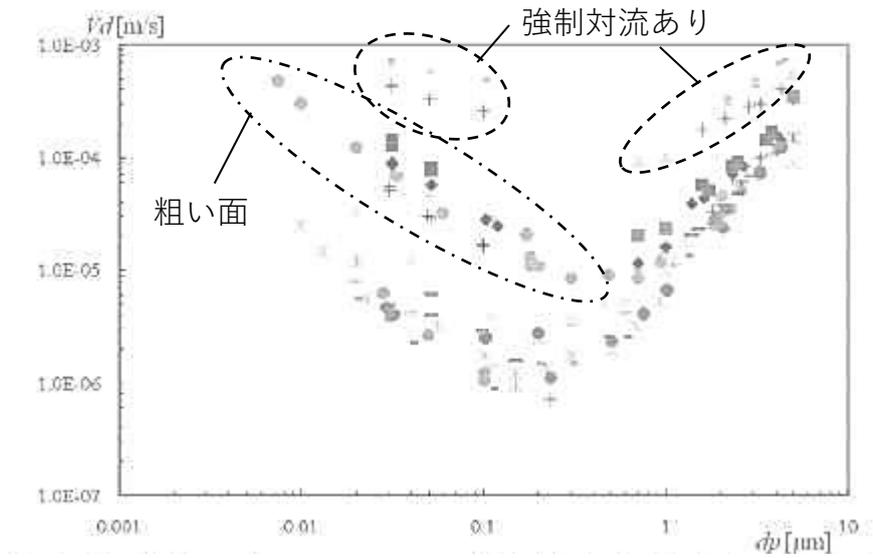


図 3.11 粒子状物質の沈着速度と粒径の関係図 (引用：伊藤他 (2011))。

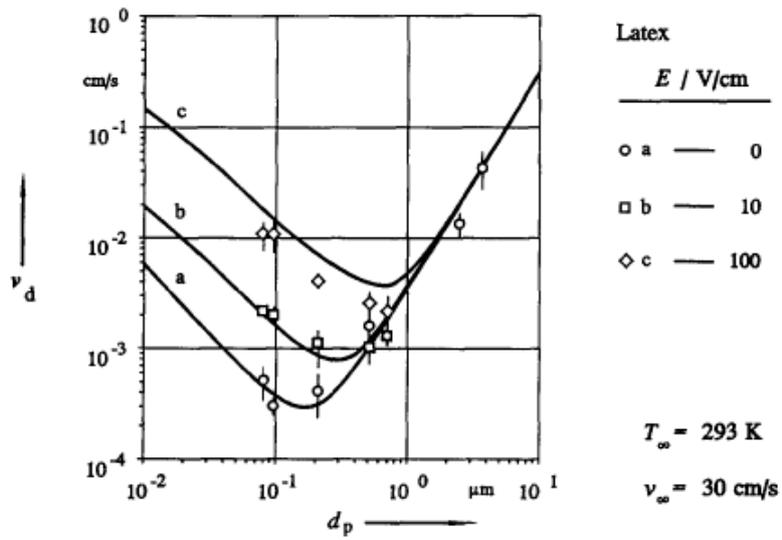


図 3.12 粒子の電荷の違いによる沈着速度への影響 (引用：Opiolka et al. (1994))

3.1.4 浸透率

Mcfarland et al. (1997)、Mosley et al. (2001)、Liu and Nazaroff (2001, 2003)はチャンバーを用いて、チャンバーから隙間を通して排出されるエアロゾル濃度を測定することによって、浸透率を導出するラボ実験を行った。ラボ実験により、隙間間の圧力差が大きいほど浸透率が大きく、特に粒径が $0.1 \mu\text{m}$ 未満の粒子と $1 \mu\text{m}$ 以上の粒子ではその傾向が顕著であることが指摘されている。隙間の材質を変えた実験では、粒径が $0.1\text{--}0.4 \mu\text{m}$ の粒子で浸透率の違いが見られたものの、他の粒径では違いが顕著でなく、粒径が $0.1\text{--}0.4 \mu\text{m}$ の粒子でのみ表面粗さが浸透率に影響を与えることが指摘されている。隙間の形状を変えた実験では、隙間の大きさが小さいほど、隙間の長さが長いほど、浸透率が小さい傾向が示された。これは反応性の高いガスでも同じ傾向を示すことが示された。

Thatcher et al. (2003)は実家屋でエアロゾル環境を変えて浸透率を導出する実験を行った。粒径 $0.05\text{--}2 \mu\text{m}$ の粒子の浸透率は $0.6\text{--}1$ の値を示し、 $0.05 \mu\text{m}$ 未満の粒子では粒径が小さいほど、 $2 \mu\text{m}$ 以上の粒子では粒径が大きいほど浸透率が小さい傾向が見られた。

Chen and Zhao (2011)は実家屋での実験値とラボでの実験値を比較し、類似点と相違点をまとめた (図 3. 13)。ラボと実家屋での実験値は似た傾向を示したものの、 $0.4 \mu\text{m}$ 以上の粒子ではラボ実験と実家屋での実験値に差異が生じた。この原因として、隙間形状、圧力差がラボ実験と実家屋で異なるためと考察された。一方、 $0.4 \mu\text{m}$ 未満の粒子では、隙間形状に浸透率は依存しないため、ラボと実家屋の実験値がよく一致した可能性が指摘された。

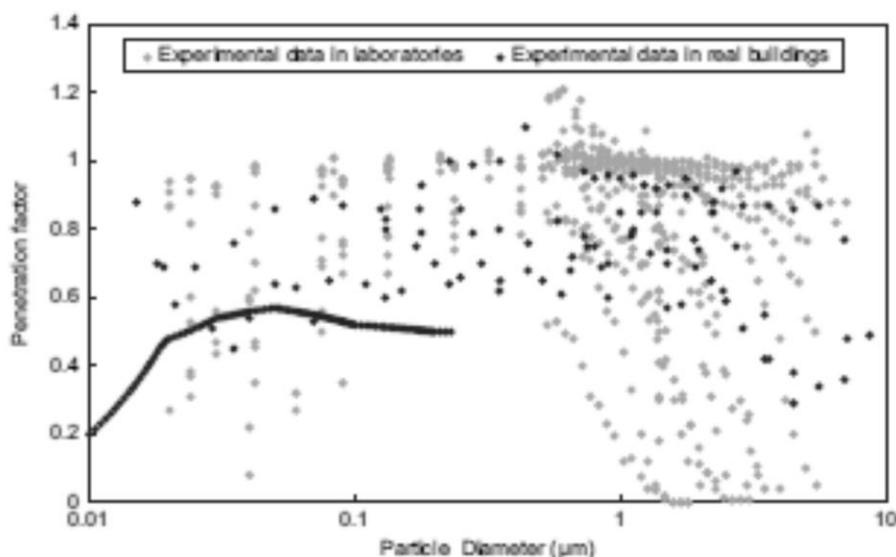


図 3. 13 浸透率と粒径の関係図 (引用 : Chen and Zhao (2011))

3.1.5 24時間換気

24時間用換気扇の実装割合と稼働率についてヒヤリング調査を行った結果、最近の家では24時間用換気扇を実装することが義務化されているものの、常時運転している家は3割程度であると指摘された。稼働率が低い理由として、騒音、冷気の侵入などが挙げられる。また、24時間用換気扇を稼働していなくても法令上違反になることはないため、運転するかの判断は住民に依存していることも稼働率が低い原因であると指摘された。

文献調査を行った結果、24時間用換気扇の稼働中の換気率は0.3-0.7 h⁻¹程度である(服部他, 2008など)。24時間換気の設置は2003年7月の建築基準の改正により義務付けられたものの、一部例外として設置が免除されるものもある(倉淵, 2008)。24時間換気の使用状況について、鳥海他(2012)が行った東京の集合住宅330家屋に対する聞き取り調査によると、認知度は90%、常時使用は67%(戸建住宅では26%)、給気口の開閉状況について常に全居室で開は50%、常に全居室で閉は17%であった。萬羽他(2013)が行った関西の戸建て住宅24家屋に対する聞き取り調査によると、常時使用は29-42%(冬に低く、夏に高い)、給気口の開閉状況について常に全居室で開は54%、常に全居室で閉は27%であった。

3.1.6 過去の原発事故時に放出された放射性物質の形態

(1) 核種組成

上述したように、沈着速度及び浸透率は核種の化学形態によって異なる(特にヨウ素)。そのため、屋内退避による吸入被ばくの低減効果を求めるためには核種組成の情報が必要である。ここでは、過去の原発事故時に放出され、環境測定が行われたものを対象に文献調査した結果を示す(表3.3)。

Bellamy (1981)はスリーマイルアイランド事故時に原子炉補助建て屋で浮遊ヨウ素の核種組成を測定した。その結果、I₂が25.1%、HOIが18.0%、CH₃Iが29.6%、粒子状ヨウ素が27.3%であった。

Noguchi and Murata (1988)はチェルノブイリ事故時に日本でヨウ素の核種組成を測定した。その結果、I₂が平均で5%、HOIが平均で6%、CH₃Iが平均で70%、粒子状ヨウ素が平均で19%であった。

Lebel et al. (2016)は福島原発事故時に茨城県、福島第一、福島第二で測定されたヨウ素の核種組成をまとめた。彼らはシビアアクシデント時に環境中に放出されるヨウ素の形態はガス状(I₂、有機ヨウ素)と粒子状(CsIなどのヨウ素塩)として、セシウムはほとんどが粒子状であることを述べた。I₂は放出時にはヨウ素の大半を占めているものの、沈着速度が速いため、遠方地域では有機状ヨウ素または粒子状ヨウ素が主となることが述べられた。測定された核種組成比はガス状の割合は日によって異なり、15~70%であると示された。

(2) 粒径

上述したように、粒子状放射性物質の沈着速度及び浸透率は粒径によって異なる。そのため、屋内退避による吸入被ばくの低減効果を求めるためには粒径の情報が必要である。ここでは、過去の原発事故時に放出され、環境測定が行われたものを対象に文献調査した結果を示す(表3.4)。平成27年度の報告書でも過去の原発事故時に放出された粒子状放射性物質の粒径をまとめており、ここでは新たに文献調査した結果も含めて示す。

チェルノブイリ事故及び福島第一原発事故時に放出された粒子状放射性物質(ヨウ素とセシウ

ム)の空気力学的放射能中央径(Activity Median Aerodynamic Diameter; AMAD)は0.15–1 μm の範囲であった。核種別に見ると、ヨウ素のAMADは概ね0.3–0.5 μm 、セシウムのAMADは概ね0.5–1 μm であり、ヨウ素のAMADがセシウムよりも小さい傾向が見られた。また、原発からの距離によって、粒径が大きく変わる傾向は見られなかった。

Tschiersch and Georgi (1987)はヨウ素のAMADが小さい原因として、放出されたヨウ素のほとんどがガス状であるため、測定地点周辺のエアロゾルの影響を受け、放出されたセシウムのほとんどがチェルノブイリ付近のエアロゾルに付着し、凝集・除去プロセスを経て測定地点まで到達した放射性エアロゾルを測定したためであると考察した。Kaneyasu et al. (2012)は同時にエアロゾルの各成分の粒径分布を測定しており、測定結果から福島原発事故では一般環境に存在する非海塩性硫酸塩⁶が輸送の媒体である可能性を指摘した。

⁶ 非海塩性硫酸塩は二酸化硫黄が大気中で気層・液層反応を経て生成されたものであり、海水の飛沫を起源としないものである。

表 3.3 原発事故時に放出されたヨウ素の核種組成 (%)

事故場所	測定場所 測定期間	I ₂	HOI	CH ₃ I	粒子状ヨウ素	参考文献
TMI-2	TMI原子炉補助建て屋	25.1	18.0	29.6	27.3	Bellamy, 1981
チェルノブイリ	日本 1986/5/6-19	19±9	5±2	6±3	70±11	Noguchi and Murata, 1988
福島第一	茨城 2016/3/14-16	50 (ガス状として分類)			50	Lebel et al., 2016
	福島第一 2016/3/19-26	60 (ガス状として分類)			40	
	福島第二 2016/3/19-26	15 (ガス状として分類)			85	
	茨城 2016/3/19-26	50 (ガス状として分類)			50	
	福島第一、二 2016/3/29-31	30 (ガス状として分類)			70	
	茨城 2016/3/29-31	70 (ガス状として分類)			30	

表 3.4 原発事故時に放出された粒子状放射性物質の空気力学的放射能中央径 (AMAD: μm)

事故場所	測定場所 測定期間	ヨウ素 AMAD	セシウム AMAD	参考文献
チェルノブイリ	ミュンヘン 1986/5/6	0.3-1	0.7-1	Tschiersch and Georgi, 1987
	チェルノブイリ 30km 圏内	0.3-0.5	0.6-0.7	Ogorodnikov et al., 1994
	チューリッヒ、シ ュピーツ 1986/4/30-5/13	0.35	0.7-1	Baltensperger et al., 1987
	ヘルシンキ 1986/5/7-9	0.33-0.57	0.65-0.93	Kaupplen et al., 1986
	チェコ 1986/5/3-20	0.25-0.48	0.15-1.00	Mala et al., 2013
福島第一	つくば 2011/4/28-5/26	-	0.53-0.63	Kaneyasu et al., 2012
	チェコ 2011/3/24-4/13	0.35-0.53	0.25-0.71	Mala et al., 2013

3.2 ラボ実験

3.2.1 ラボ実験概要

前節で述べたように、ガス状ヨウ素に対する沈着速度及び浸透率の知見はない。粒子状物質に対しても日本特有の材質（例えば畳など）に対しての沈着速度の知見はない。そこで、本事業では、沈着速度と浸透率の知見を得るための実験設備を構築し、実験設備の妥当性を確認するために標準的な条件下で実験を行った。本実験を通じて、来年度の本格的な実験に向けての課題点、注意すべき点を整理した。

3.2.2 実験設備

実験設備は仮想屋外と仮想屋内を想定した二つのチャンバーを用意し、その二つのチャンバー間に隙間を模擬した試験体を設置し、チャンバー内の対象物質の濃度を測定することにより、沈着速度と浸透率を導出する。以下では、実験設備と装置の詳細を述べる。

(1) チャンバー

チャンバーは、中央に設置する試験体ユニットを境に屋外を模擬する空間と屋内を模擬する空間に分けられる（図 3.14）。外部からチャンバー内の粒子の動きを観測できるように、チャンバーは透明なアクリル製となっている。チャンバー内壁面は帯電による沈着速度の影響を抑えるために、帯電しにくい材質となっている。今年度は粒子状物質の屋外から屋内への主たる侵入経路の一つと考えられる換気扇を設置した壁を試験体ユニットとして採用した。来年度以降、窓等を模擬した試験体ユニットを作成する。チャンバーの断面積は 800 mm×800 mm である。屋外を模擬する空間は、上流用ポンプによる加圧口（図 3.14 のチャンバーの左端）から軸方向に 307.5 mm のスペースに粒子のコンタミネーションを防ぐプレフィルタとバグフィルタを設置した。同じくフィルターから 205 mm の間隔で押し込み側の空気の流れを整える整流板を 2ヶ所設置した。上流側には 7ヶ所のポートが設けられており、試験粒子や試験ガスを導入できる。605 mm の長さの空間が試験粒子と試験ガスを混合する空間であり、7ヶ所のサンプリング口が上流側と下流側に設置されている。試験体ユニットを挟んで下流の 1007.5 mm が家屋屋内を模擬した空間である。7ヶ所のサンプリング口が 5列設けられている。310 mm の空間は排気時に粒子を除去するためのプレフィルタとバグフィルタが備えられている。

屋外を模擬した空間は、上流用ポンプを動かしながら試験粒子と試験ガスを混合させるために使用する。次年度には温湿度を調整することで外気の温度・湿度条件を調整できるように改良する予定である。屋内を模擬した空間は 0.645 m³あり、下流のポンプを稼働し流量を制御することで、屋外側との圧力差や換気率（滞留時間）を制御することが可能である。

(2) 粒度分布及び粒子濃度測定器

チャンバー内の粒度分布は Scanning Mobility Particle Spectrometer (SMPS, TSI Model3938)を用いて測定した。SMPS は中和器、分級器、粒子カウンターで構成される測定機器で、サンプリングする粒子を中和器と呼ばれる両極イオンにより電気量的に中和し、静電気力と空気抵抗の関係を利用した二重円筒の分級器 Differential Mobility Analyzer (DMA) でスキャンしながら粒子カウンターでスキャン中の粒子濃度を計測することで粒度分布を得る。SMPS は測定条件に依存するが、粒径 2.5 nm から 1 μm までの粒子の濃度を粒径ごとに測定することができ、本事業で対象とする粒径ごとの浸透率と沈着速度を導出することができる。

(3) 気中分子濃度測定器

気中分子濃度を測定するため、ICP 発光分光分析法 (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy, ICP-AES) を用いた。試料溶液を霧状にして Ar プラズマに導入し、励起された元素が基底状態に戻る際に放出される光を分光して、波長から元素の定性、強度から定量を行う。元素に依存するが、1 ppb 以上の濃度を測定することができる。

(4) 粒子発生装置

本事業では任意の粒径のエアロゾルを発生させるため、2 種類の粒子発生装置を使用した。本事業で対象とする粒径は文献調査で過去の原因事故に測定された 0.1-1 μm であり、2 種類の粒子発生装置を使用することにより、対象範囲をカバーする。

① 6-Jet アトマイザー (TSI Model 9306)

この粒子発生装置 (図 3.15) は、粒径数十 nm から数百 nm のエアロゾルを発生できる。この装置は霧吹きと同様に、発生器にキャリアガスの圧力をかけることで負圧を発生させて液を吸い上げるチューブから、試験粒子の溶液を吸い上げ噴霧する。通常は吸い上げ用のチューブが一本の製品が多いが、この発生器は切り替え式で使用本数を選べ、最大 6 本まで使うことができる。

② RBG-1000 (乾燥粉末粒子噴霧装置)

この粒子発生器 (図 3.16) は、粒径数百 μm 以下のエアロゾルを発生でき、6-Jet アトマイザーよりも大きなエアロゾルを発生できる。溶液ベースではなく、乾燥した粉末を噴霧する装置である。発生原理は、ダストリザーバーにセットした試験粒子がフィードピストンにより一定速度で押し上げられ、上段のブラシによって気相に巻き上げられる。巻き上げられた粒子はキャリアガスによって運ばれ噴霧される。

(5) 粒子挙動のイメージング

本事業では粒子画像流速測定法 (Particle Image Velocimetry, PIV) を用いて、チャンバー内での粒子挙動のイメージングを行った。PIV はパルスレーザーと CCD カメラを用い、レーザー照射で可視化された粒子の動きを高速カメラのように短時間で複数枚撮影する。得られた二次元の撮影画像から粒子の移動速度を計算し、イメージングソフトにより流れを可視化する。撮影条件に依存するが、サブマイクロメートル以上の粒子を測定することができる。PIV で得られた画像 (映像) データを解析することにより、沈着範囲を把握できる可能性があり、これを基により効果的な防護対策を検討することができる。

(6) CO₂ センサー

CO₂ 濃度を測定するために、非分散型赤外線吸収 (Non Dispersive InfraRed, NDIR) 法を用いた。選択されたガス種 (分子) の共振波長と一致するごく狭いスペクトル領域内で、吸収される光の量を検出することにより、そのガス種固有の分子数を他のガス種による干渉を受けることなく測定することができる。測定範囲は 0-5000 ppm である。

(7) 温湿度センサー

温度は、高精度な微細熱電対を用いたサイクロメーターによる wet および dry 温度計で測定した。湿度は、サイクロメーターを通して結露による露点レベルを塩化リチウムセンサー (生理食

塩水の平衡によるポリマーの誘電体の変化を捉える静電容量センサー) で温度計測と同時に測定した。測定範囲は相対湿度が0-100%RH、温度が-30-70°Cである。

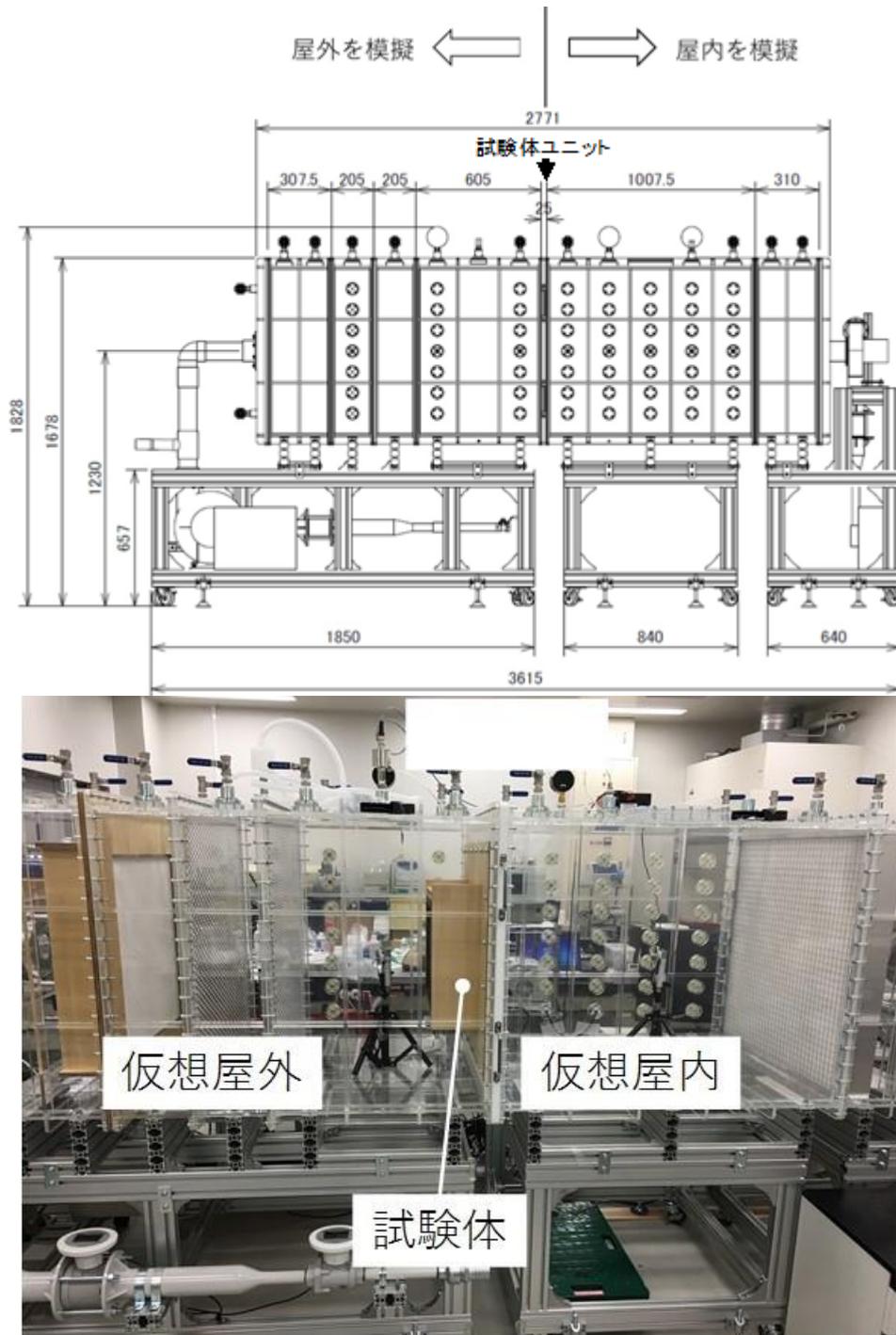


図3.14 チャンバー全体図(上)と写真(下)

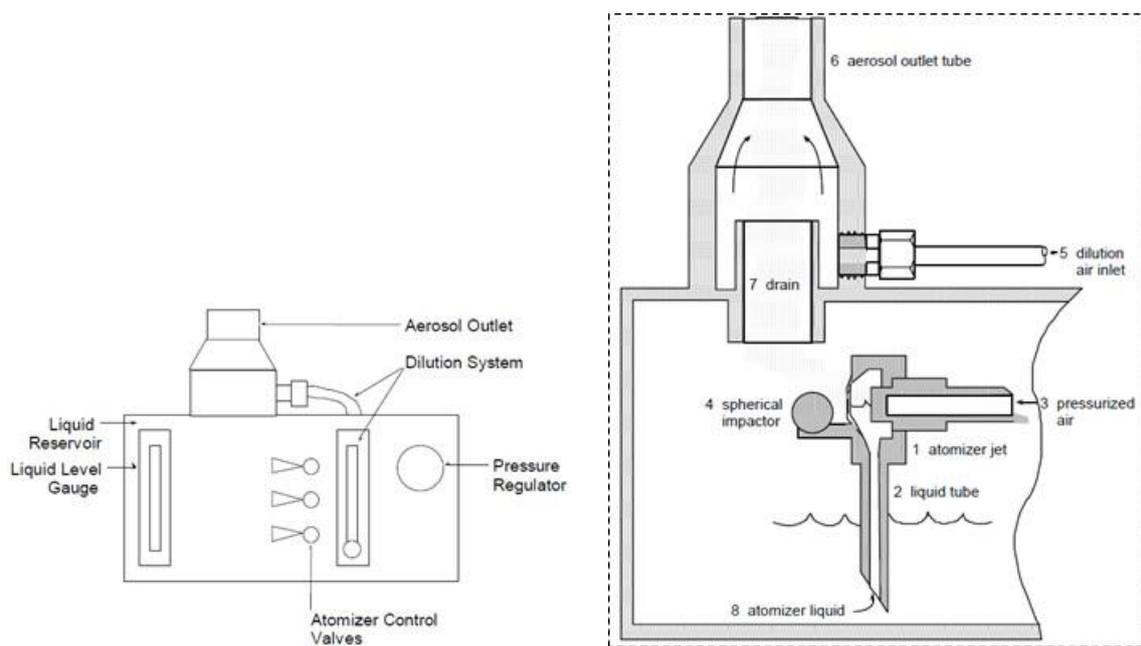


図 3.15 6-Jet アトマイザー外観図 (左) と概要図 (右)

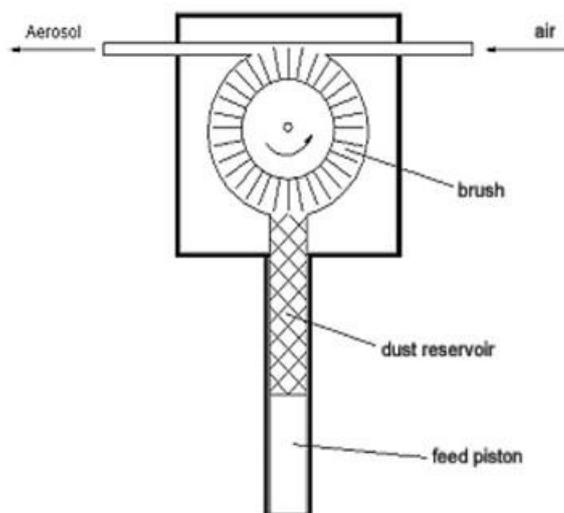


図 3.16 RBG-1000 の発生原理

3.2.3 動作確認試験

(1) 粒子発生装置

使用する粒子発生装置の安定性を検証するため、図 3.17 と図 3.18 のように粒子発生装置と SMPS を直接接続した。6-Jet アトマイザーで発生させた粒子は液滴を含むため、水分を飛ばすために Diffusion dryer を通した (図 3.17)。

NaCl 溶液から 6-Jet アトマイザーを用いて発生させた NaCl 粒子の粒度分布測定結果を図 3.19 に示す。メーカー推奨は約 20 psi⁷以上であるが、粒度分布の安定性をみると、18 psi 以上で粒子濃度が安定することを確認できた。同じ溶液で 1-Jet の場合の安定性も 18 psi 以上の圧力で確かめた。使用するチューブが減った分、噴霧される液滴量が減少したことによる濃度低下が起こったものの、安定性が維持されることがわかった。また、粒度分布の幅(σ_g)は 18 psi 以上でどちらも約 1.50-1.55 であった。図 3.20 には、0.01%NaCl 溶液での結果を示す。 σ_g は 1.7 弱と広がったものの、安定した発生が可能であった。粒子となる NaCl の濃度の違いにより、モード径を約 50 nm (0.01%NaCl) と約 70 nm (0.1%NaCl) と変えることができる。これは、噴霧する液滴が乾燥する過程で固体粒子となる際に、固体粒子の大きさが液滴中の粒子となるものの濃度に依存するためである。

長時間安定性を検討した結果を図 3.21 に示す。チャンバー全体を用いた試験で必要と思われる試験時間の 2.5 倍となる 150 分間の結果である。粒子発生開始直後は濃度が若干高めになるものの、その後は安定した状態を維持することが確認できた。試験を行う上で Jet 数が多くなると噴霧される液滴も多くなるため、3-Jet では 1 時間程度で 200 cc の溶液を消費してしまう。そのため、試験時間に応じて充填する溶液量を考慮する必要がある。

RBG-1000 で発生させたフライアッシュを測定した結果を図 3.22 に示す。SMPS の測定レンジ不足により全体は抑えられなかったものの、粗大粒子を使用する場合に使えることがわかった。粒度分布をおさえるには、サブミクロン粒子を計測できる光散乱計や Aerodynamic Particle Spectrometer (APS)を購入することで、10–20 μm まで計測可能となる。

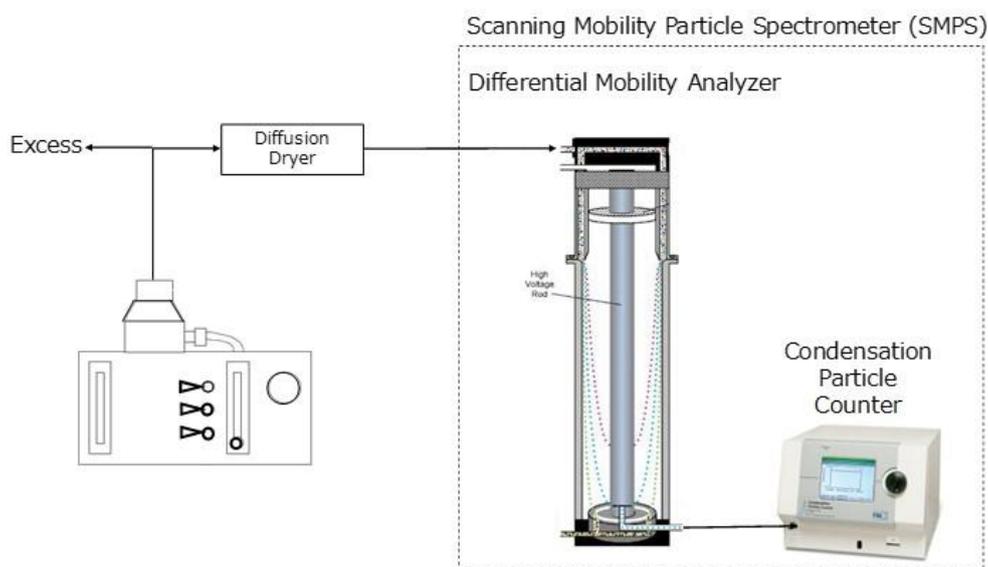


図 3.17 6-jet アトマイザー確認試験方法

⁷ 重量ポンド毎平方インチ(pound-force per square inch)。1 psi は約 0.068 気圧に相当

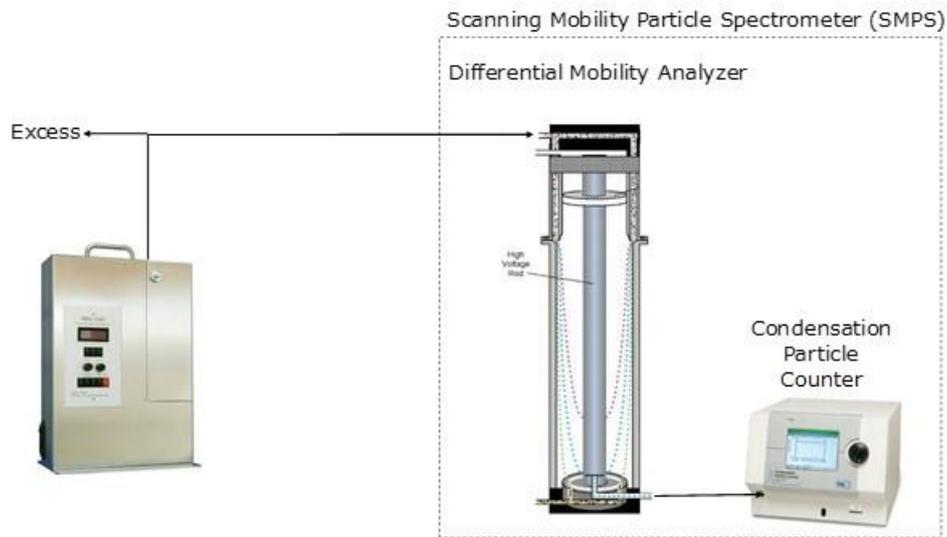


図 3.18 乾燥粉体発生評価方法

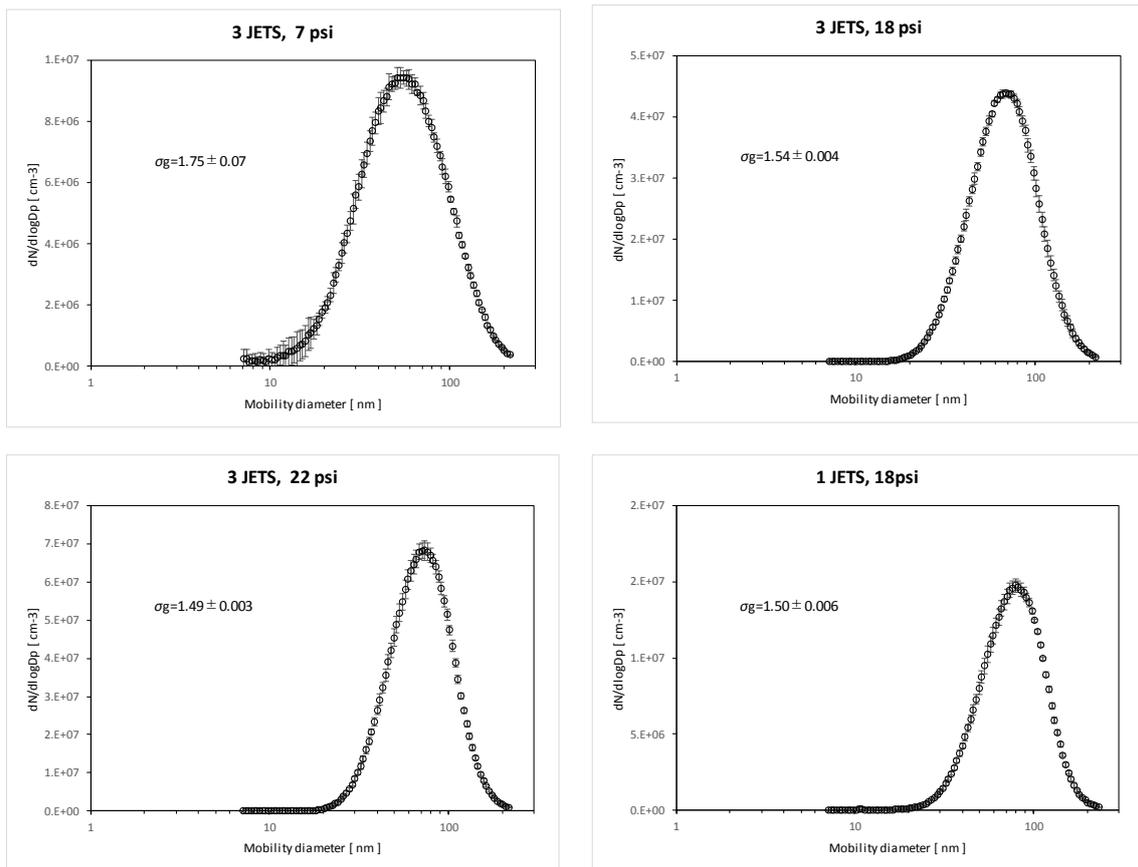


図 3.19 粒度分布測定結果 (0.1%NaCl, n=5)

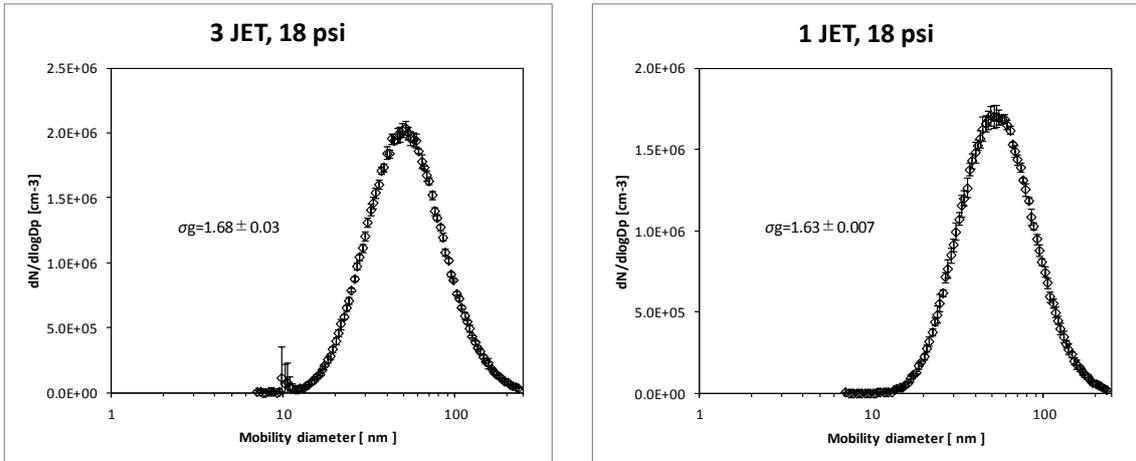


図 3.20 粒度分布測定結果 (0.01%NaCl, n=5)

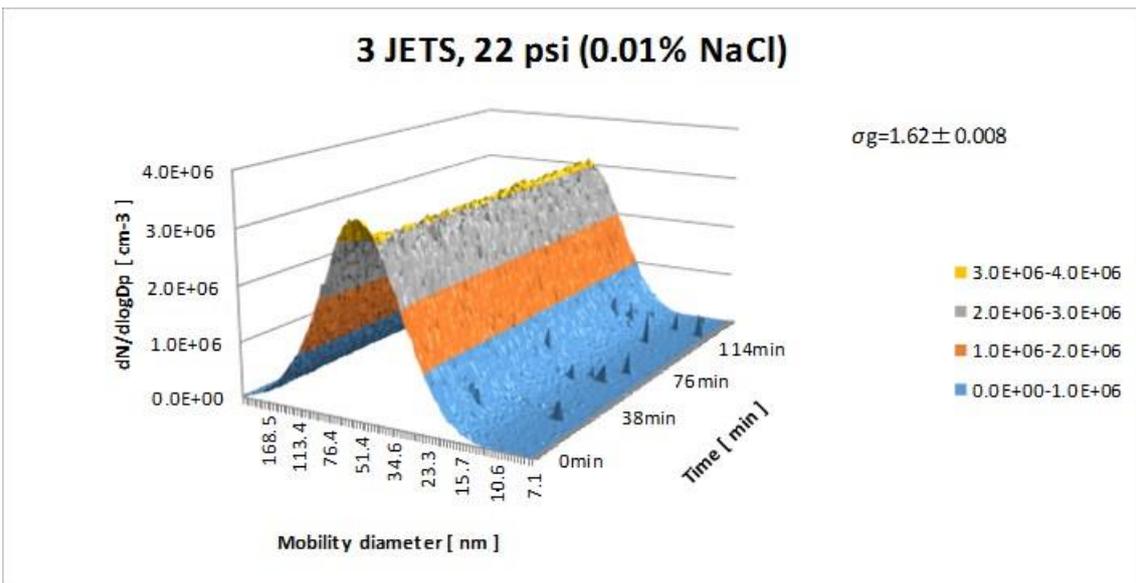


図 3.21 長時間安定性粒度分布測定結果 (0.01%NaCl, 150min)

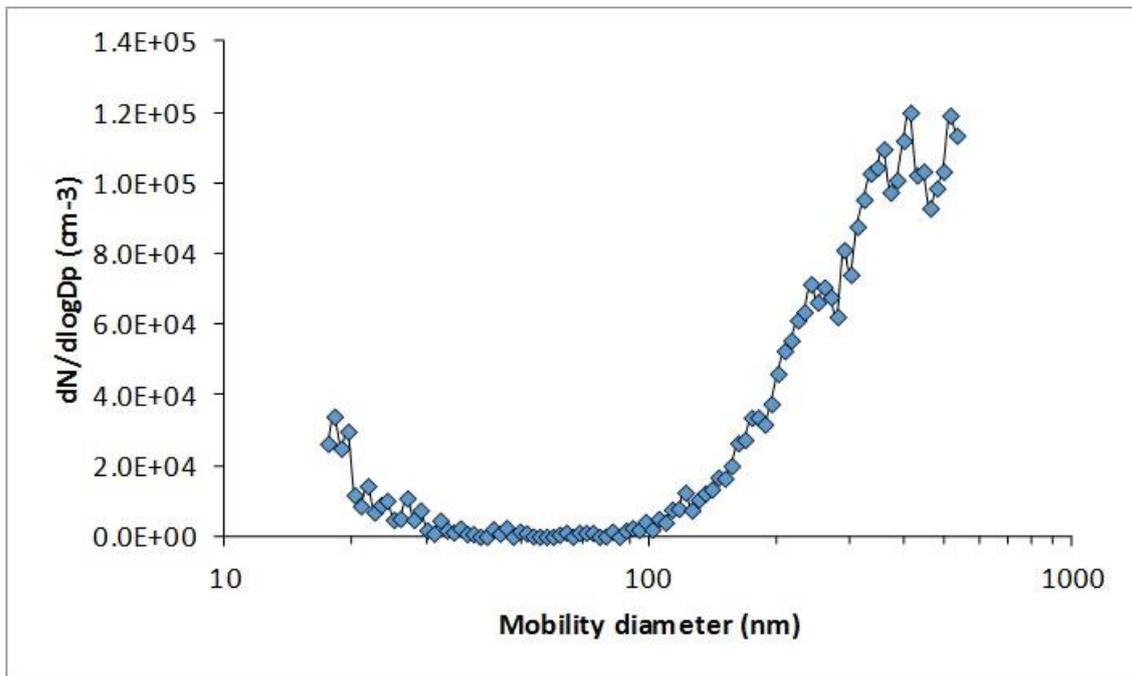


図 3.22 フライアッシュ発生結果

(2) 模擬粒子の室内への侵入に関する試験

作成したチャンバーを用いて、浸透率と沈着速度の導出が可能であるかの検討を行った。

① 試験体系

試験概要図を図 3.23 に示す。最上流に設けられたサンプリングロの中段から粒子と CO₂ を導入した。粒子とガスを投入するための配管は、内径 4 mm のステンレス管をチャンバー中央になる場所に投入口先端が来るように設置した。換気扇ユニットを挟んで上流側のチャンバーの中央に CO₂ センサー、温湿度センサーを配置して上流側チャンバー内の CO₂ 濃度と温湿度の代表値とした。投入した粒子の粒度分布測定のためのサンプリングは上流側チャンバー上流側中段に内径 4 mm のステンレス管をチャンバー中央になる場所にサンプリングロ先端が来るように設置した。下流側チャンバー中央部には、流入してくる粒子と CO₂ を検出するためにサンプリング管と CO₂ センサーを設置した。下流側の温湿度を計測するための温湿度センサーもチャンバー中央部に設置した。現在は下流側に粒子カウンター（50%検出粒子径 5 nm、 $<10^7$ 個 cm⁻³）を用いて粒子数濃度をモニタリングしている。来年度には購入予定の SMPS を接続する予定である。換気扇を挟んで上流・下流の差圧を検出するセンサー（ <5 kPa）を設置しているものの、今回は上流側ポンプでの加圧流量のバルブ制御を行っていないため、上流側ポンプの挙動が安定せず、差圧を測定できる状態に至っていない。加圧流量のバルブ制御方法について、調整方法を確立する予定である。

CO₂ 濃度、温湿度、差圧、上流、及び下流ポンプ流量の出力はアナログ/デジタル変換器を経由して LabVIEW によるリアルタイム計測が可能である。粒子カウンターと SMPS については、それぞれメーカー提供のソフトウェアを用いたデータを取得した。

② 上流と下流のポンプを稼働させた場合

<実験条件>

上流ポンプ：6.4 m³ h⁻¹ (106.7 L min⁻¹)

※設定値は 8.0 m³ h⁻¹ だが、チャンバー内の圧力が上がると流量が不安定

エアロゾル流入量：6 L min⁻¹ (1-Jet)

CO₂ 流入量：0.3 L min⁻¹ (高純度)

粒度分布測定：SMPS Model3938、シースガス 15 L min⁻¹、サンプル 1.5 L min⁻¹

下流ポンプ：4.9 m³ h⁻¹

※ポンプ設定値は 0.5 m³ h⁻¹ だが、上流チャンバーからの押込影響有

上流 on、下流 off でも換気扇の隙間を通して 4.5 m³ h⁻¹ の押込が起こる

粒子カウンター：0.3 L min⁻¹

換気率：7.6 h⁻¹、下流チャンバー流量 計 82.0 L min⁻¹ (=ポンプ+粒子カウンター)

上流チャンバー内でどれくらいの時間をかければ粒子濃度が安定するかを確認した結果を図 3. 24 に示す。試験粒子をチャンバーに入れたと同時に 20 分間の粒度分布計測を開始した。粒子導入直後は粒子がカウントされなかったものの、数分後から粒子濃度が急上昇しはじめ、約 5 分後に最高濃度に到達した。しかしながら、今回の実験では上流側ポンプの加圧流量のバルブ制御までは行わなかったため、圧力が高まるとガスが逆流するかポンプに負荷がかかって一時停止するのか流量変動が大きく安定しない。その影響を受けて粒子濃度も大きく変動することが分かった。また、粒子状物質の場合、ガスに比べて空間に均一に分布していないため、粒子濃度が変動する可能性が考えられる。この不安定さを低減させるため、来年度はチャンバー内にサーキュレータなどの強制対流装置を設置することを検討している。

図 3. 25 に、投入直後からの上流チャンバーの粒子濃度と CO₂ 濃度の経過時間変化を示す。このグラフから粒子と CO₂ はほぼ同時に値が上がっていき、上限に達することが分かる。また、上流と下流のデータを組み合わせ、上流チャンバーの CO₂ 濃度と下流チャンバーの粒子・CO₂ 濃度の経過時間変化を図 3. 26 に示す。下流の粒子・CO₂ センサーは上流より遅れて検出が始まった。上流の粒子濃度と CO₂ 濃度は約 400 秒後に上限に達しているものの、下流の粒子・CO₂ 濃度は約 850 秒で上限に到達した。温湿度については上流も下流も 22°C、25%RH であった (図 3. 27)。

③ 下流のポンプのみを稼働させた場合

<実験条件>

上流ポンプ：0 m³ h⁻¹ (0 L min⁻¹)

※ポンプ off ← 上流ポンプからの押込みを避けるため

エアロゾル流入量：6 L min⁻¹

CO₂ 流入量：0.3 L min⁻¹ (高純度)

粒度分布測定：SMPS Model3938、シースガス 15 L min⁻¹、サンプル 1.5 L min⁻¹

下流ポンプ：0.5 m³ h⁻¹ (8.3 L min⁻¹)

※下流チャンバーのポンプの稼働、上流チャンバーからの押込影響無

粒子カウンター：0.3 L min⁻¹

換気率：0.80 h⁻¹、下流チャンバー流量 計 8.6 L min⁻¹ (=ポンプ+粒子カウンター)

実際の家屋で起こりうる換気率に設定した。

投入した NaCl 粒子の上流チャンバー内での濃度変化を図 3. 28 に示す。粒子濃度は投入開始約

20分後で安定し、モード径も $58.6 \pm 6.9 \text{ nm}$ で安定していた。図 3.29 にリアルタイム測定の結果を示す。CO₂ 分子 (0.49 nm) とモード径 59 nm の NaCl 粒子の拡散係数は、それぞれ $2.52 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ 、 $1.78 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ であり CO₂ 分子は拡散しやすいことがわかる。換気率 0.80 回 h⁻¹ (0.013 回 min⁻¹) というガス流量が少ない場合、ガスの方が拡散しやすいことから、屋内を模擬したチャンパーには CO₂ が粒子よりも早くセンサーに到達したものと考えられる。上流と下流チャンパーでの粒子濃度変化は、下流チャンパーの粒子濃度が落ち着いたかと思えば上昇をするということを繰り返し、サンプリング口に到達するまでにさらなる時間を要することがわかり、2 時間かそれ以上のデータ採取時間が必要である。図 3.30 に上流・下流チャンパーの温湿度の時間変化を示す。上流チャンパー内の湿度が下流チャンパーより高い状態が続いたが、これは粒子発生器からのミストの除去が不十分あるいは、上流ポンプを稼働させていなかったことから希釈ガスによる除湿効果も得られなかったことによるものと推測される。以上のことから改良すべき点が判明したが、下流のポンプのみ動かした場合でも CO₂ と粒子はそれぞれ検出でき、挙動をとらえることが可能なことを確認できた。

④ 浸透率と沈着速度の導出の考え

ここでは、実験結果から浸透率と沈着速度を導出する方法の考えを示す。考え方は先に示した CP モデルとほぼ同様である。実験系を模擬した CP モデルを図 3.31 に示す。チャンパー内の粒子濃度 C_P 、CO₂ 濃度 C_{CO_2} の時間変化を次式に示す。

$$\begin{aligned} \frac{dC_{P,out}}{dt} &= A_P - (\lambda_e + \lambda_d)C_{P,out} \\ \frac{dC_{P,in}}{dt} &= \lambda_e PC_{P,out} - (\lambda_e + \lambda_d)C_{P,in} \\ \frac{dC_{CO_2,out}}{dt} &= A_{CO_2} - \lambda_e C_{CO_2,out} \\ \frac{dC_{CO_2,in}}{dt} &= \lambda_e C_{CO_2,out} - \lambda_e C_{CO_2,in} \end{aligned} \quad (3.2)$$

ここで、 A は仮想室外に取り込まれる粒子または CO₂ の流入量、 λ_e は換気率、 λ_d は沈着速度、 P は浸透率である。添え字の in は仮想室内、out は仮想室外を示している。上式を用いて、実験結果にフィッティングすることにより、浸透率及び沈着速度が導出できると考えられる。ここで、チャンパー内の濃度は瞬時に均一になると仮定しており、ガスと粒子の拡散係数の違いは考慮していない。

ここでは、 A 、 λ_e を一定値とし、 λ_d と P を変えた場合にチャンパー内の粒子濃度の時間変化がどのように変わるかを示す (図 3.32 から図 3.34)。図 3.32 と図 3.33 を比較すると、沈着速度が大きくなると、粒子濃度が定常状態になるまでの時間が早くなっていることが分かる。CO₂ と比べて定常状態になるまでの時間が短い。また、仮想室外と仮想室内の粒子濃度の比 (室内/室外) が小さくなっている。今年度の実験では CO₂ 測定器の検出限界以上の CO₂ を流したため、上記のような特徴が見られるかは確認できなかった。

図 3.32 と図 3.34 を比較すると、浸透率が小さくなると、仮想室外と仮想室内の粒子濃度の比

(室内/室外) が小さくなっていることが分かる。ただし、定常状態になるまでの時間は変わらなかった。図 3.29 のように今年度の実験でも粒子濃度は仮想室外よりも仮想室内で小さくなっており、この濃度比から浸透率と沈着速度を導出できる可能性が指摘される。

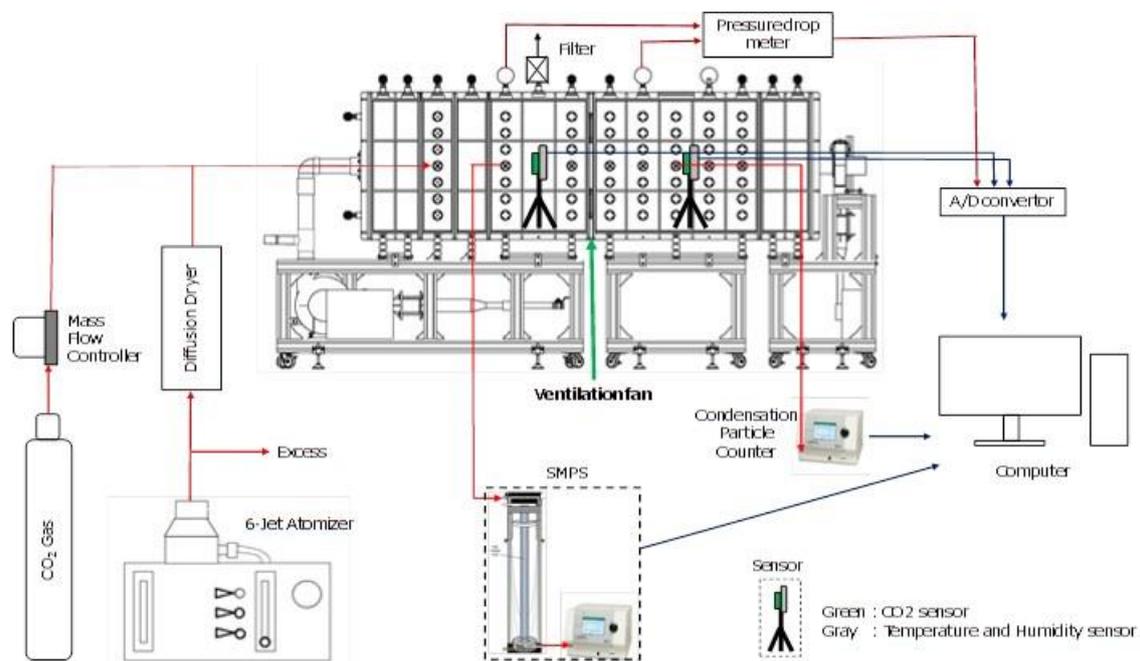


図 3.23 実験系

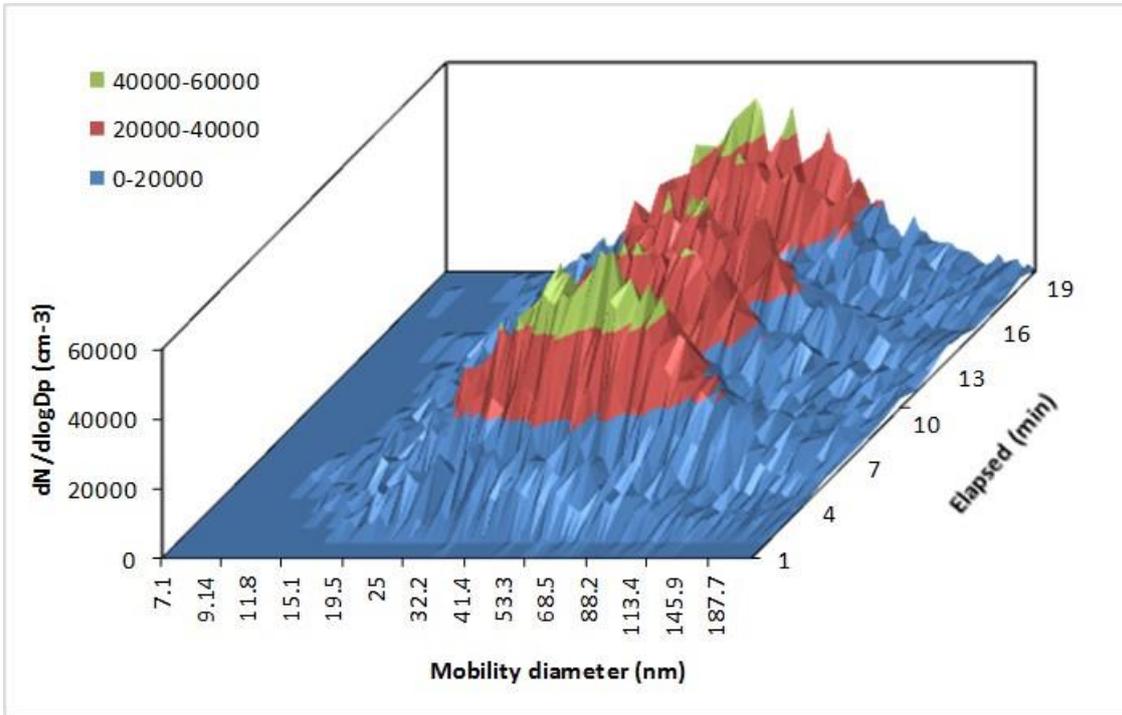


図 3.24 粒子投入後の上流チャンバー内の粒度分布の経時変化

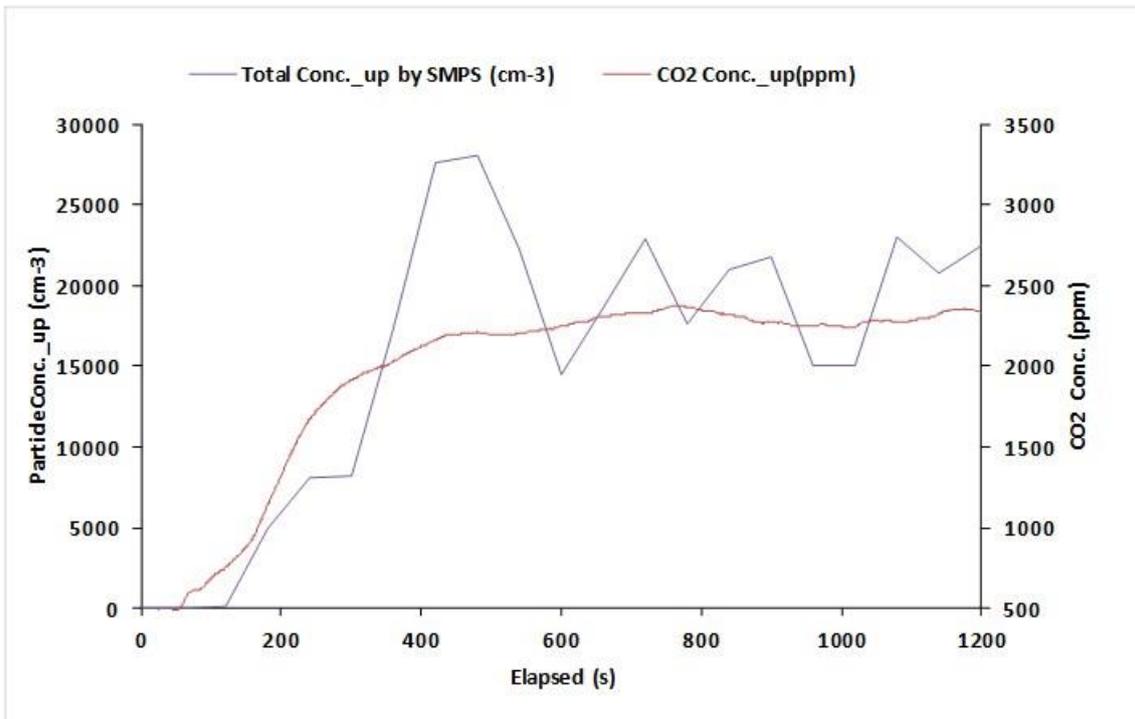


図 3.25 上流チャンバーの粒子濃度と CO₂濃度の経時変化

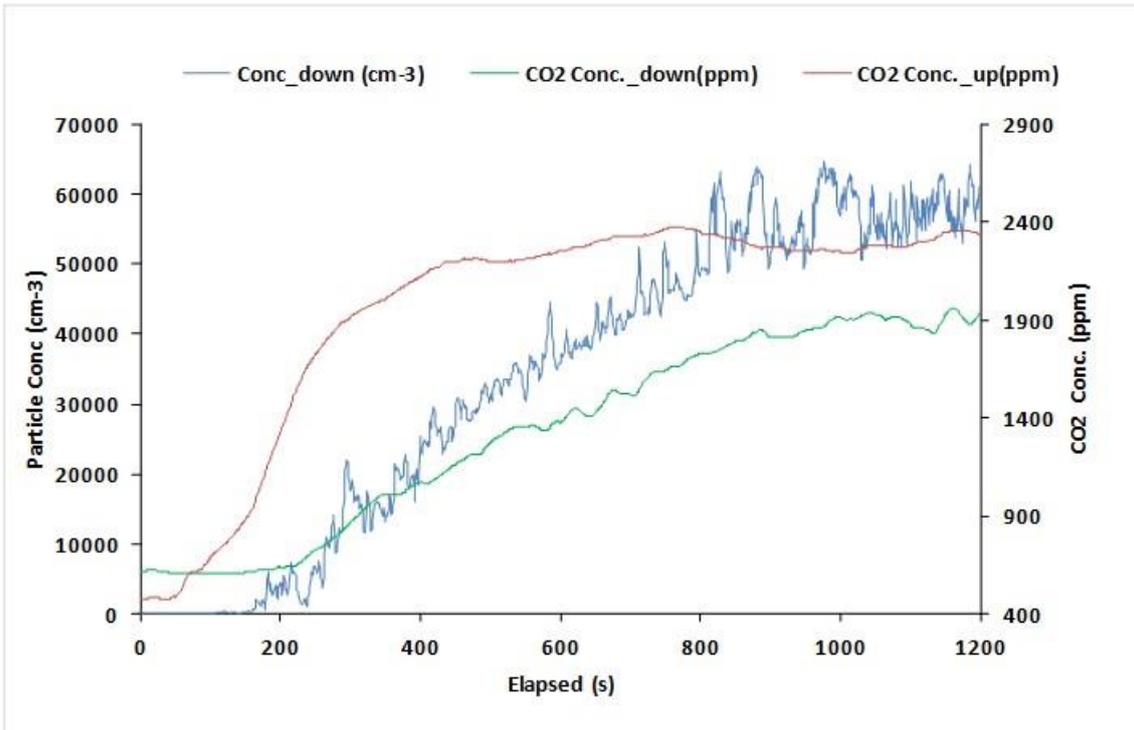


図 3.26 上流チャンバーの CO₂ 濃度と下流チャンバーの粒子・CO₂ 濃度の経時変化

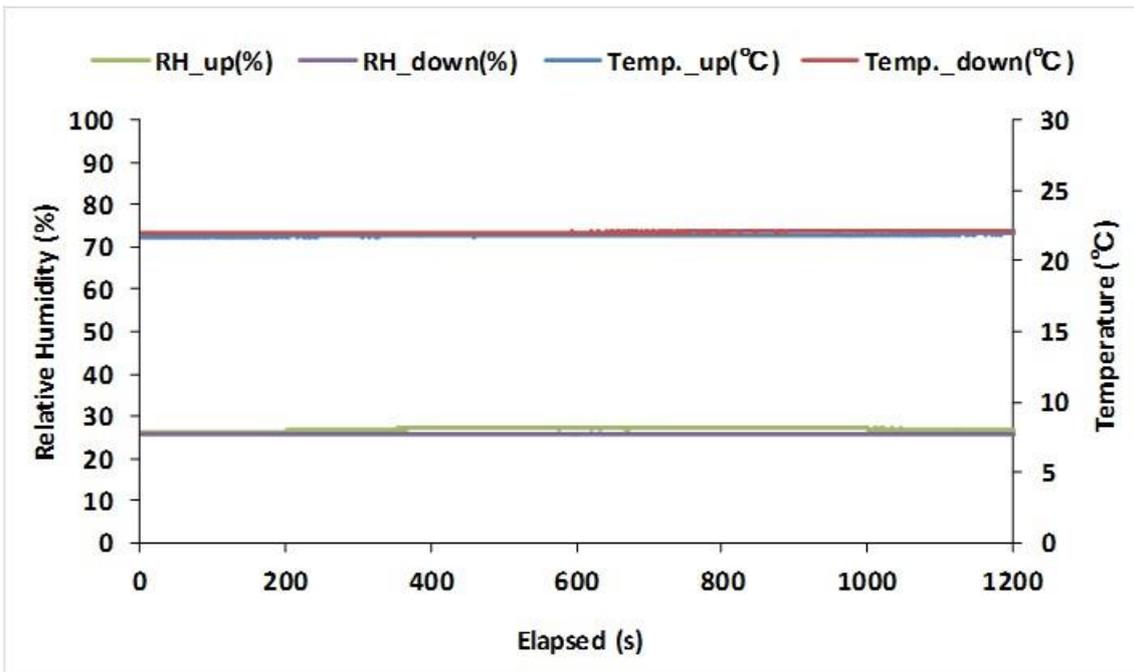


図 3.27 上下流チャンバーの温度と相対湿度の経時変化

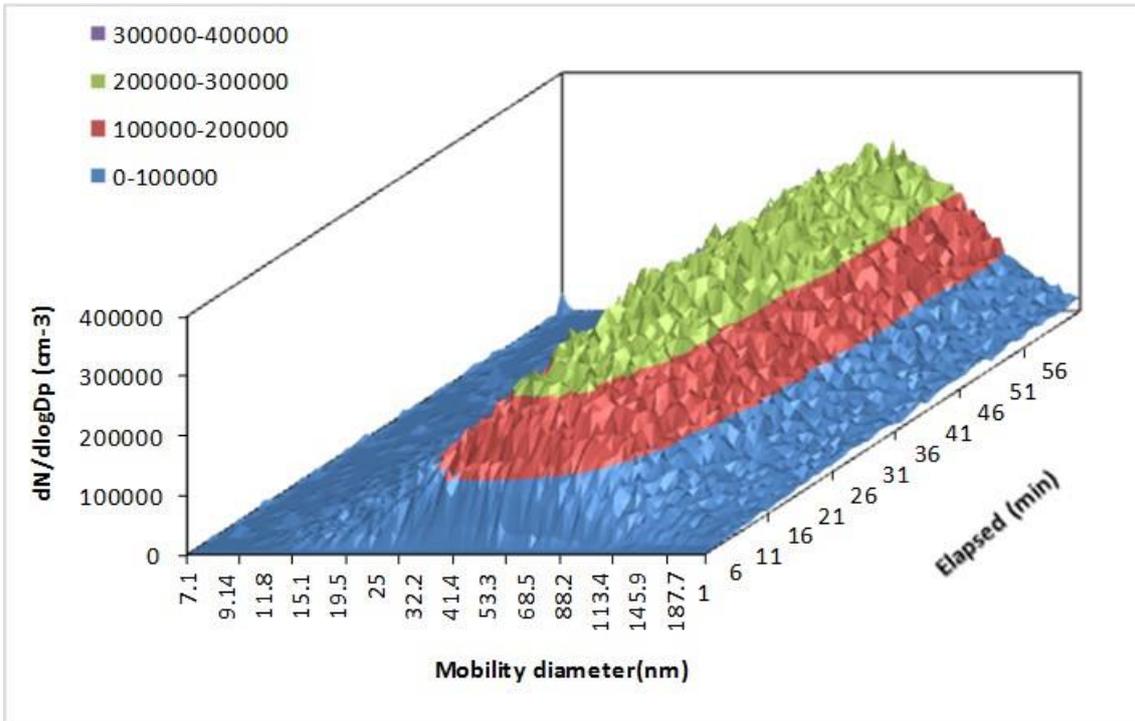


図 3.28 粒子投入後の上流チャンバー内の粒度分布の経時変化

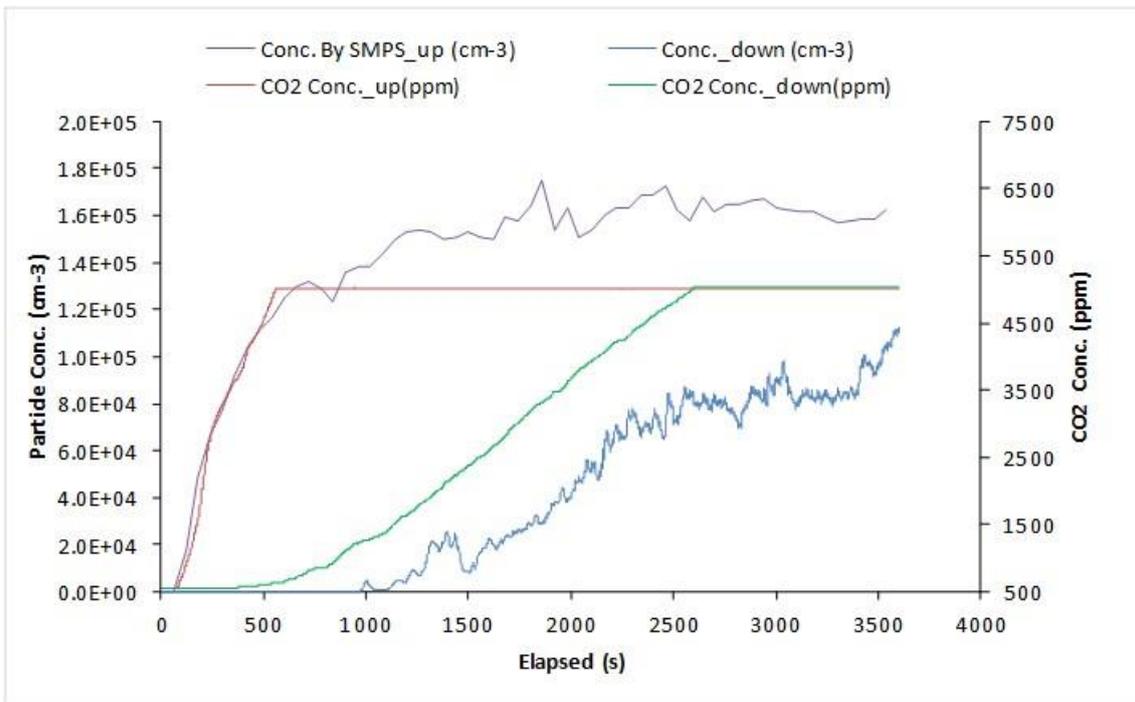


図 3.29 上下流チャンバー内の粒子・CO₂濃度の経時変化

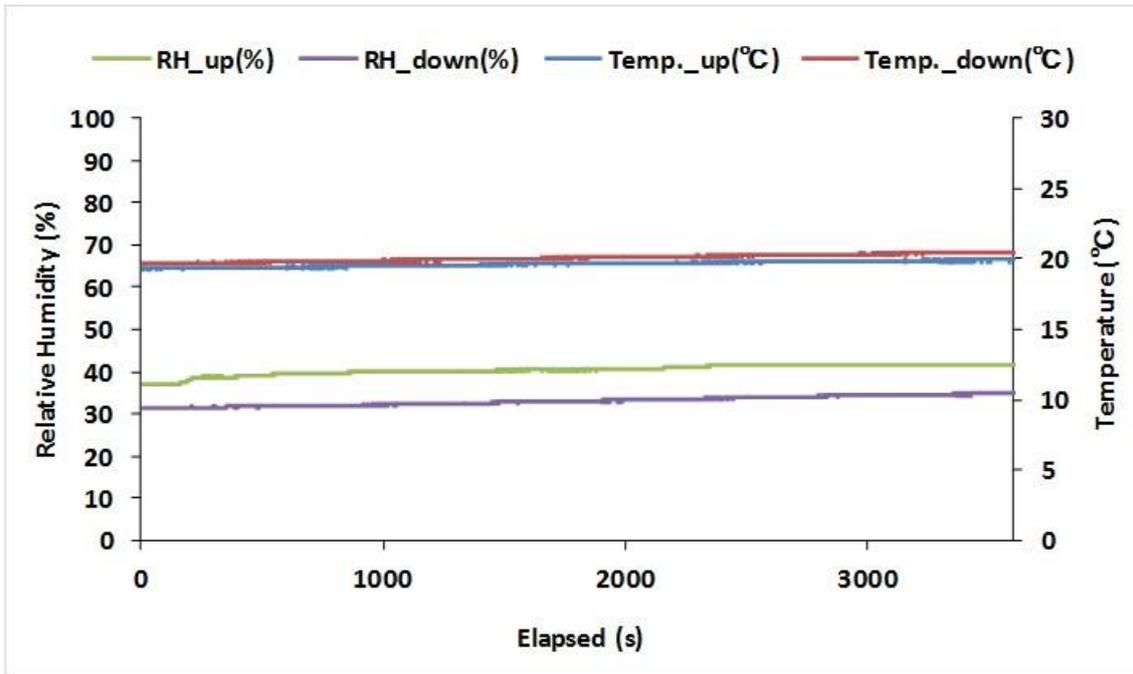


図 3.30 上下流チャンバー内の温度と相対湿度の経時変化

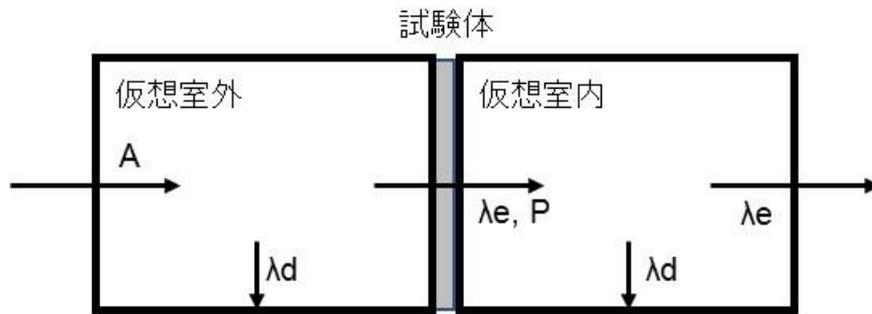


図 3.31 チャンバー内放射性物質の挙動を表した CP モデルの概要図、 A は流入量、 λ は各 CP 間の移行速度、 P は浸透率。

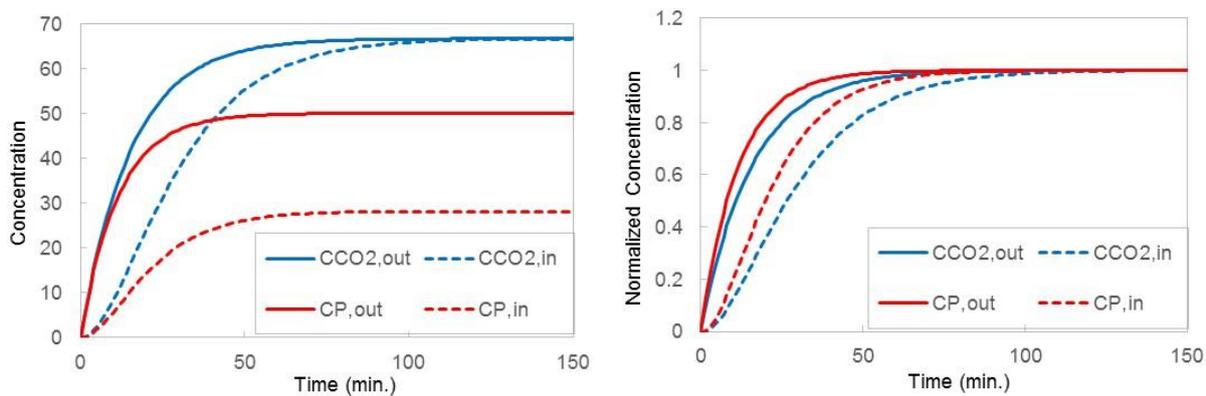


図 3.32 チャンバー内の CO₂ 濃度と粒子濃度の時間変化。浸透率 0.75、沈着速度 0.5 h⁻¹ の場合。右図は最大値で規格化したもの。

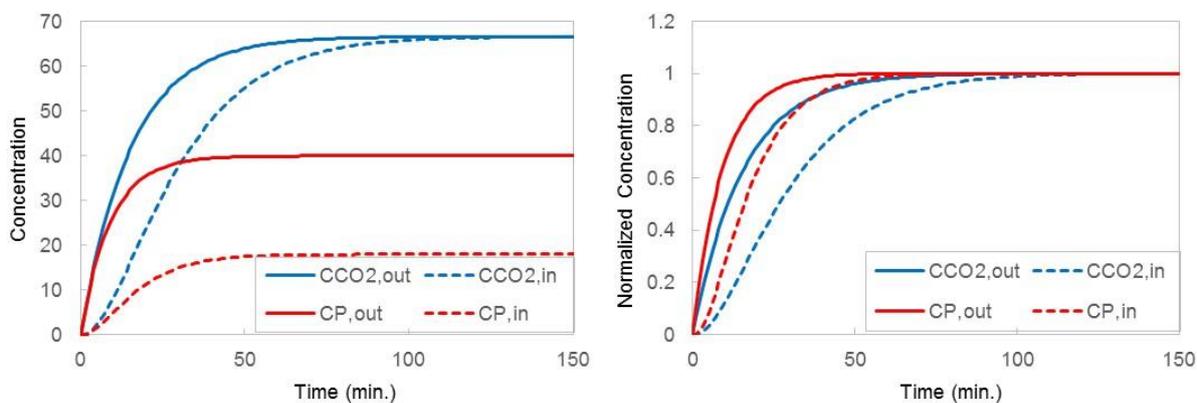


図 3.33 チャンバー内の CO₂ 濃度と粒子濃度の時間変化。浸透率 0.75、沈着速度 1.0 h⁻¹ の場合。右図は最大値で規格化したもの。

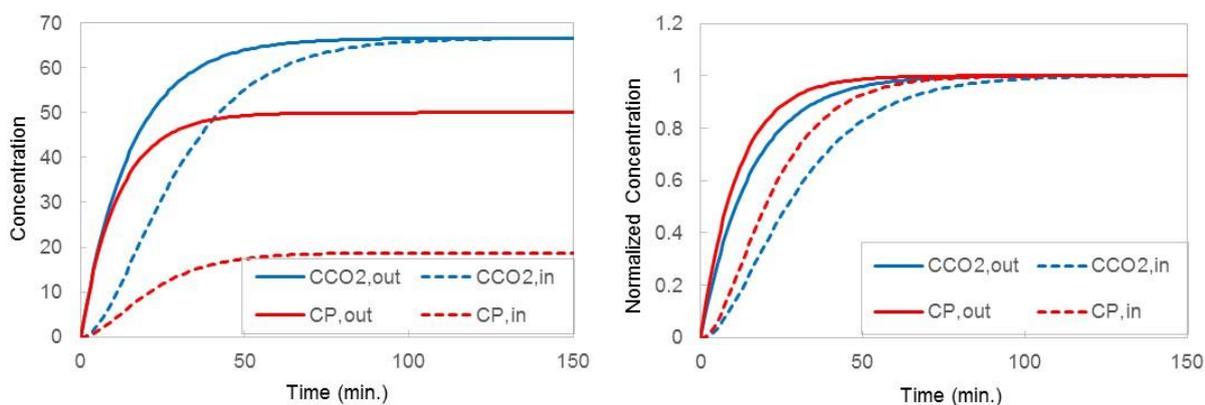


図 3.34 チャンバー内の CO₂ 濃度と粒子濃度の時間変化。浸透率 0.5、沈着速度 0.5 h⁻¹ の場合。右図は最大値で規格化したもの。

(3) PIV を用いた模擬粒子の室内への侵入挙動

チャンバー内の気流・粒子の挙動をイメージングできる Particle Image Velocimetry (PIV) という手法を用いて解析した。

<実験条件>

上流ポンプ：0 m³ h⁻¹ (0 L min⁻¹)

※ポンプ off ← 上流ポンプからの押込みを避けるため

エアロゾル流入量：6 L min⁻¹ オリーブオイル粒子を発生

CO₂ 流入量：0 L min⁻¹ ←マイクロメーター粒子でないと検出されないため使用なし

粒度分布測定：なし

下流ポンプ：1.0 m³ h⁻¹ (16.7 L min⁻¹)

※下流チャンバーのポンプの稼働、上流チャンバーからの押込影響無

粒子カウンター：なし

換気率：1.55 h⁻¹、下流チャンバー流量 計 16.7 L min⁻¹ (=ポンプのみ)

PIV の解像度は 1 ピクセル 5 μm であることから、サブマイクロ～マイクロメーターサイズの粒子を用いた。撮影で使用する粒子は空気と比重が近いほど良いこと、簡単に発生できるもの、以上の点からオリーブオイルを 6-Jet アトマイザーを用いて発生させた。チャンバーへの汚れをできるだけ避けるために、発生には粒子濃度の低い 1-Jet を用いた。また、下流チャンバーの換気率は、村田ら (1989) の報告にある日本家屋の 0.79 h⁻¹ と設定していたが、粒子の動きがほとんどないため 2 倍の流量に切り替え、換気率は 1.55 h⁻¹ の条件で実施した。

今回は、(1) 換気扇前後での挙動 (垂直方向)、(2) 換気扇下流 (垂直方向)、(3) 換気扇下流 (水平方向) について実施した。レーザーにはビームをシート状にするレンズを装着した。(1)、(2) については図 3.35 と図 3.37 に示すように、チャンバー直下から鏡を用いてレーザーの方向を変え、チャンバー横から撮影した。(3)については、チャンバーの横からビームを照射し、チャンバー真上から撮影した (図 3.39)。

(1)の結果を図 3.36 に示す。換気扇前後は撮影が難しく、良好な解析に至っていないものの、換気扇上流の粒子が換気扇に吸い込まれているような軌道が見られる。一方、換気扇下流に着目した図 3.38 について、換気扇を通過してきた粒子が換気扇上部からチャンバー天井面へ、換気扇下部からチャンバー底面に向かって噴き出していることが良くわかった。中央部から出てくる粒子は、ほとんど粒子の動きがなく停滞しており、チャンバー底面へ向かう粒子の軌跡が顕著である。さらに、換気扇を上から解析した結果は、換気扇から均一に近い形で粒子が下流チャンバーに流入していることが確認された (図 3.40)。換気扇左側に粒子が多いのは、上流チャンバー左側から粒子を投入したこと、下流ポンプのみでの吸引のため上流チャンバー内で粒子が均一に混合されていなかったことによるものと推測される。

PIV による可視化により、粒子の挙動をより明確にできることを確認できた。

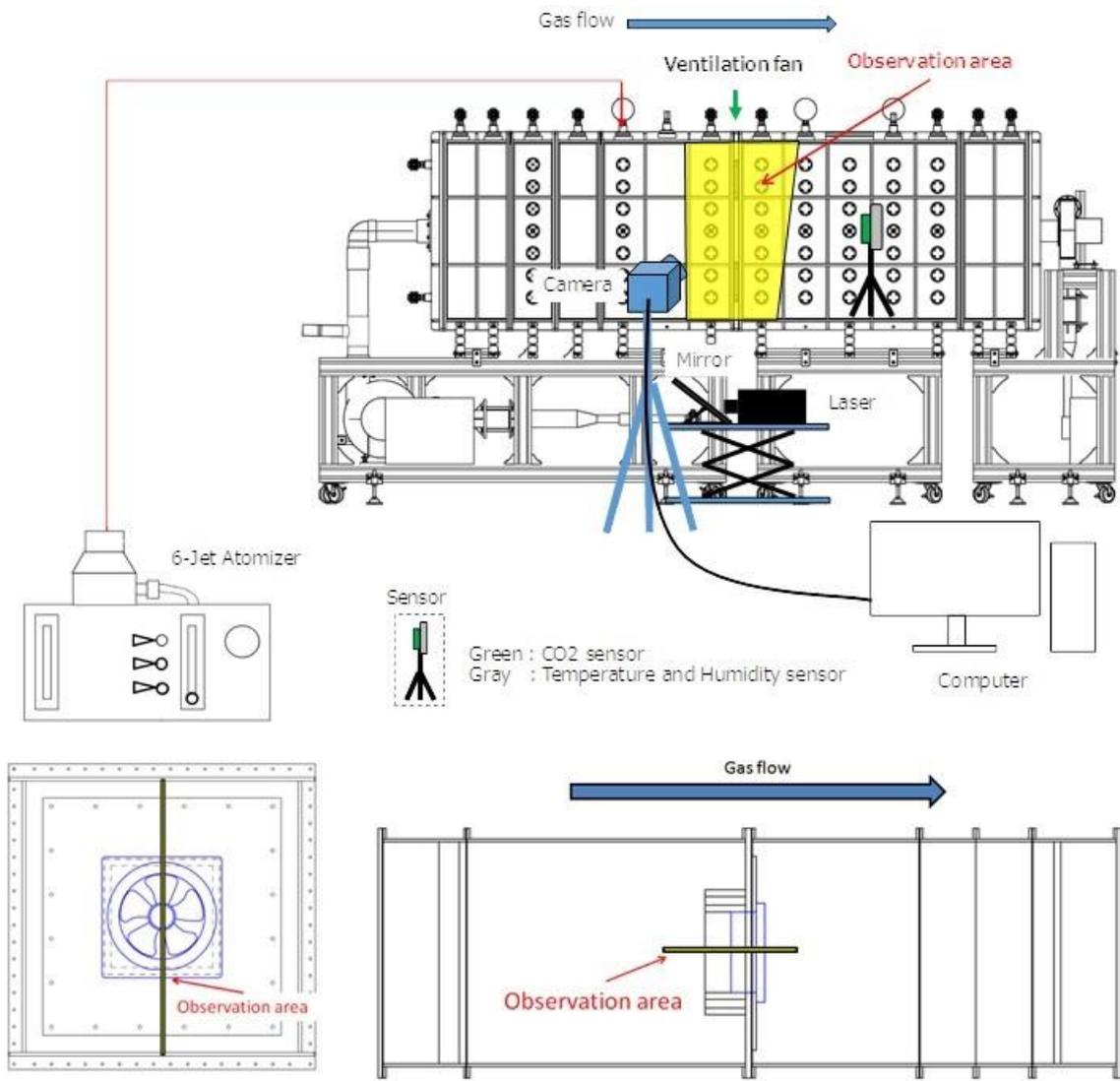


図 3.35 換気扇前後のマイクロメーター粒子の垂直方向の速度ベクトル観察方法

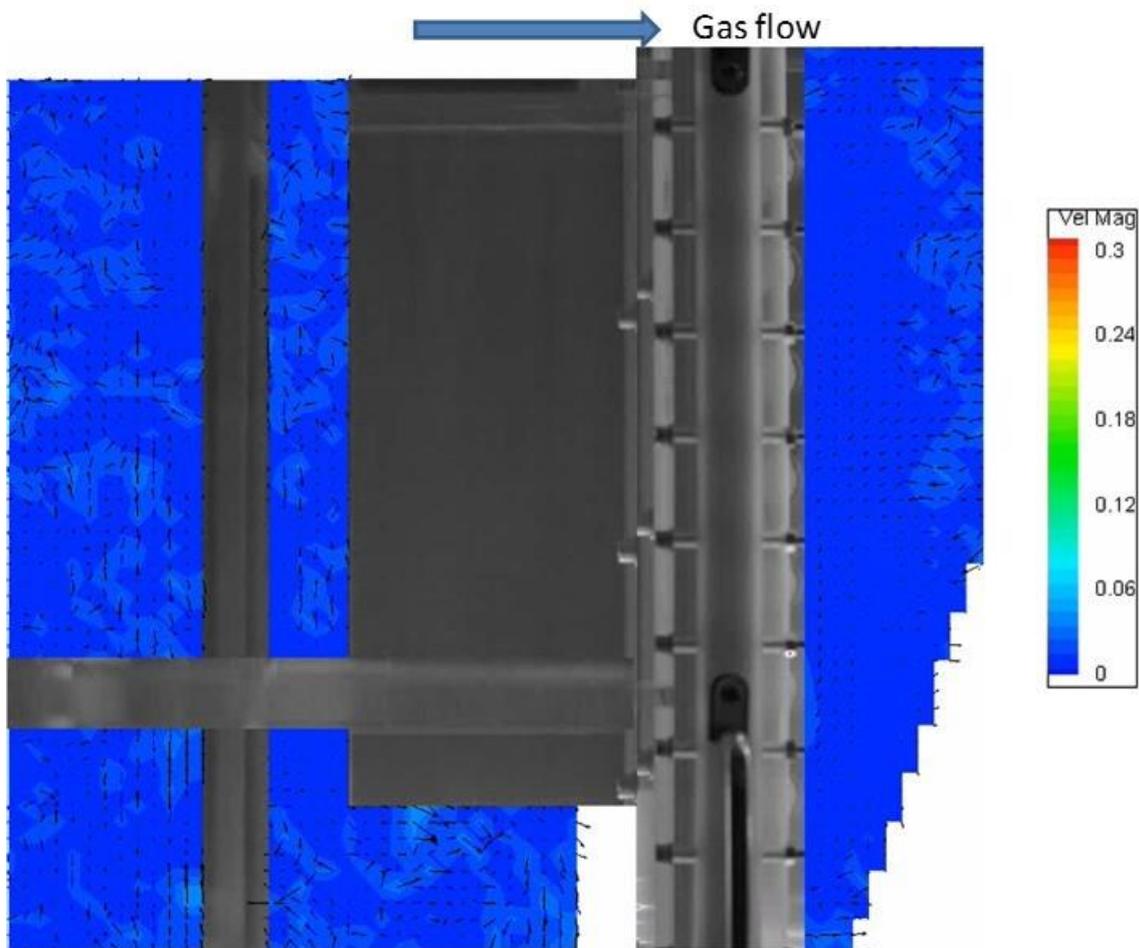


図 3.36 換気扇前後のマイクロメートル粒子の垂直方向の速度ベクトル解析結果

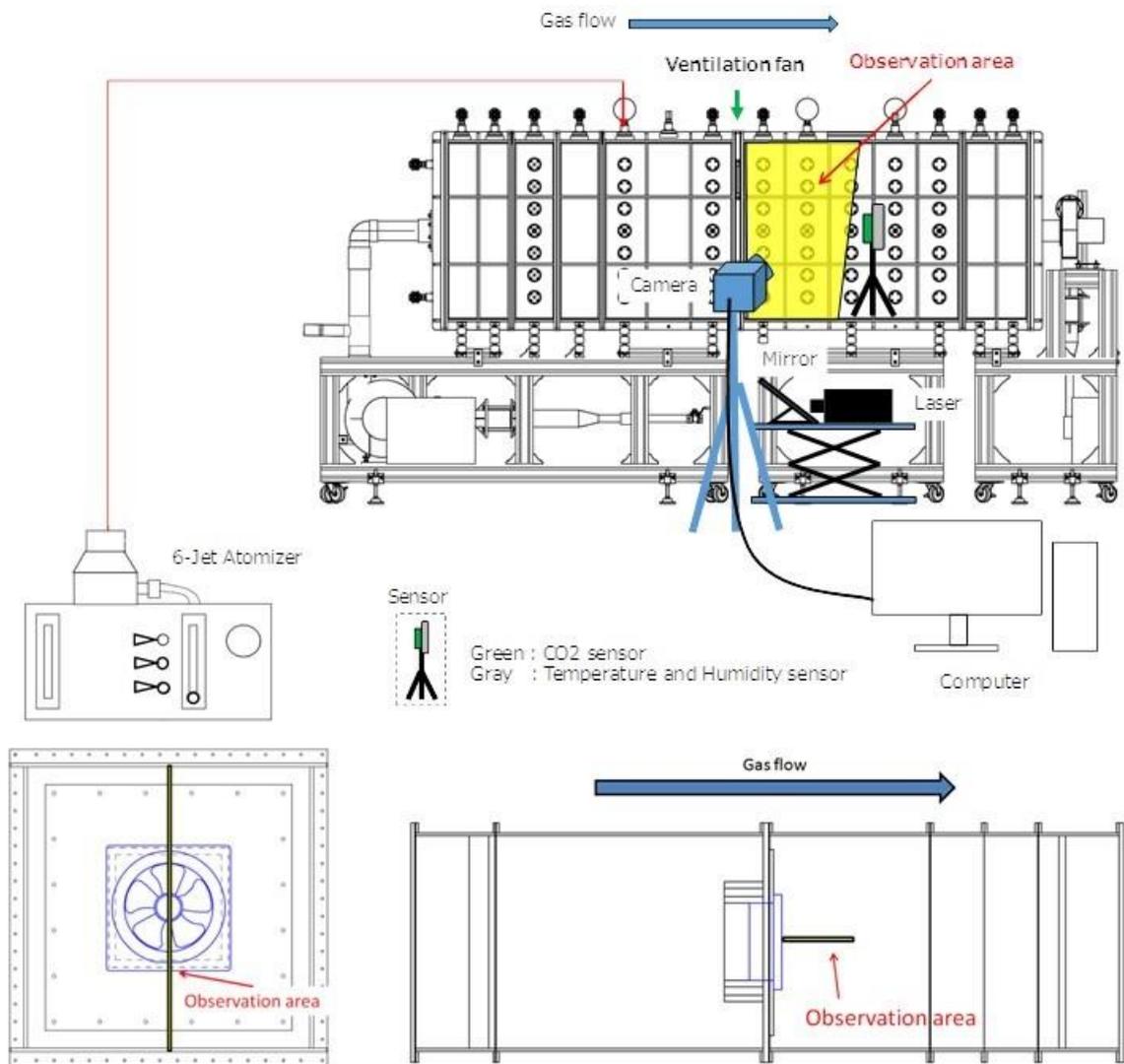


図 3.37 換気扇下流におけるマイクロメーター粒子の垂直方向の速度ベクトル観察方法

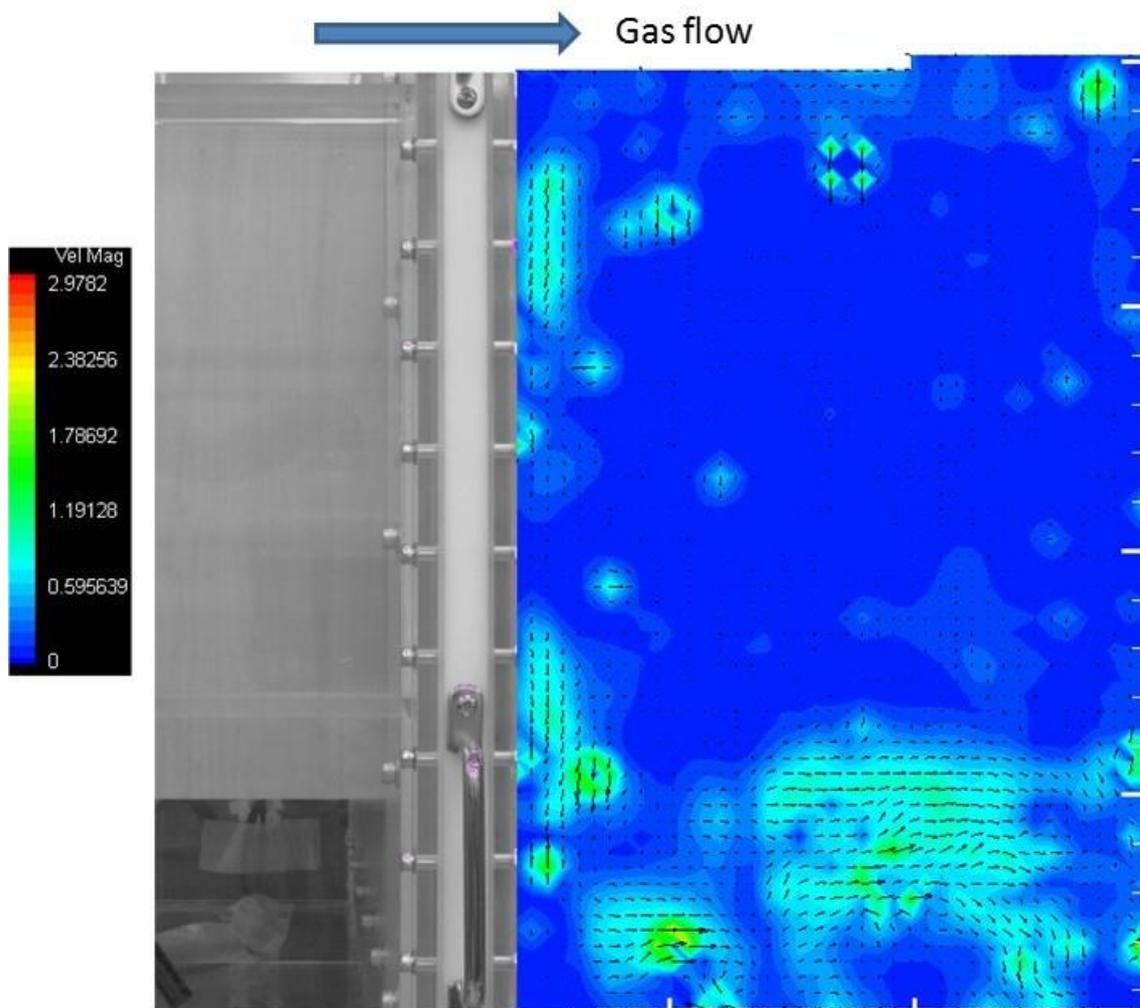


図 3.38 換気扇下流におけるマイクロメートル粒子の垂直方向の速度ベクトル観察結果

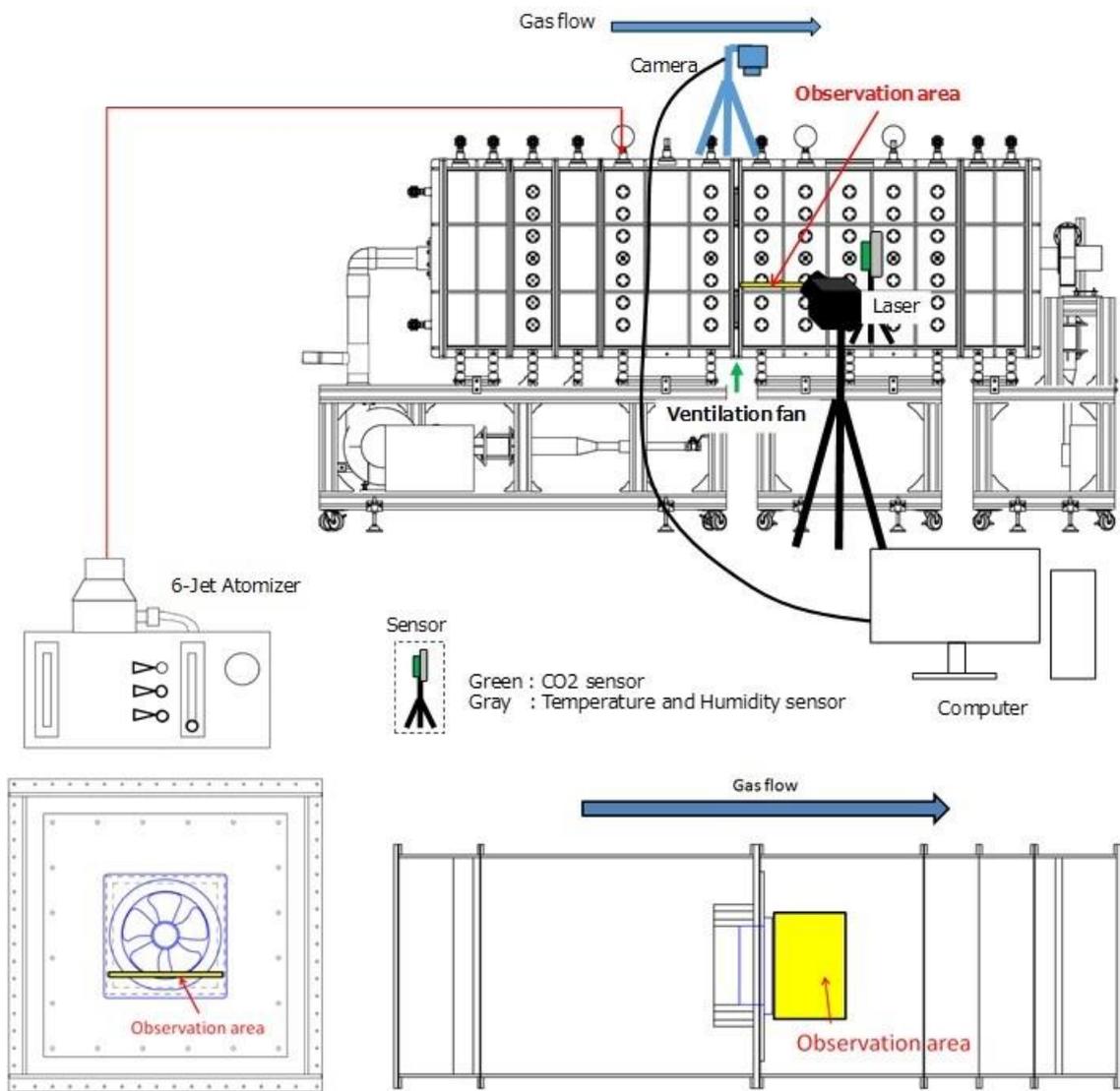


図 3.39 換気扇下流におけるマイクロメーター粒子の上から見て水平方向の速度ベクトル観察方法

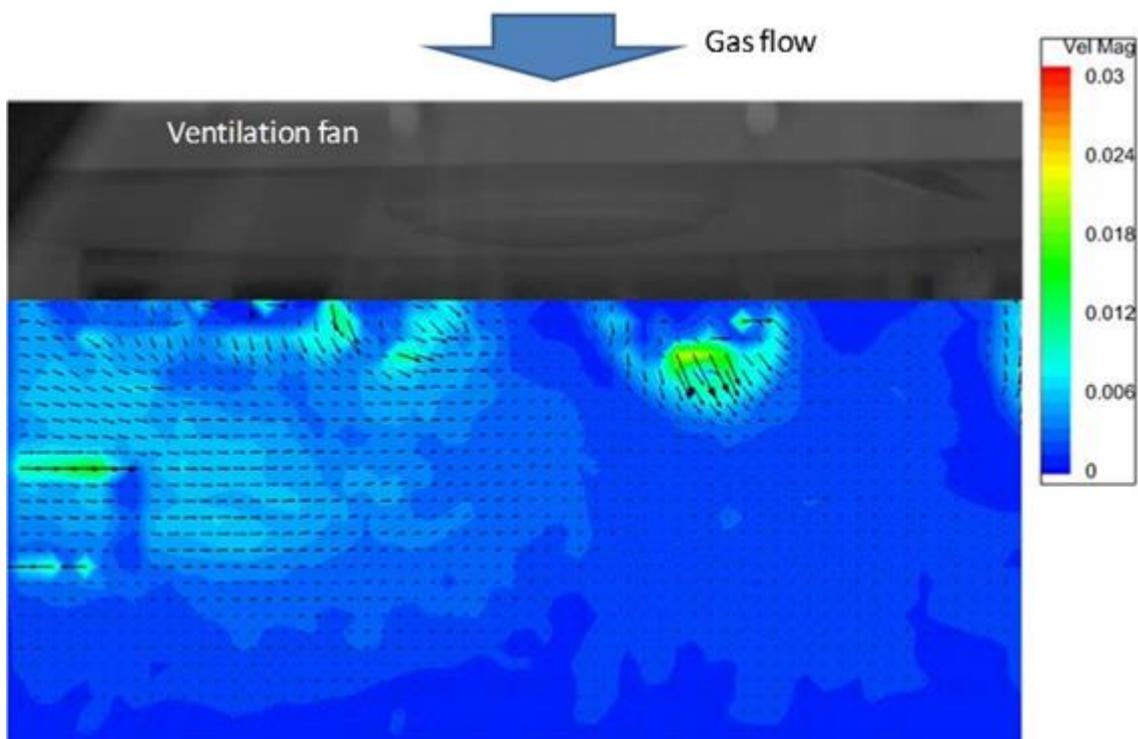


図 3.40 換気扇下流におけるマイクロメーター粒子の上から見て水平方向の速度ベクトル観察結果

3.2.4 ラボ実験での課題点、注意すべき点の整理

ここでは、試験結果より判明したラボ実験での課題点と注意すべき点を整理する。

- チャンバー内濃度の一様性の確保
特に粒子状において、チャンバー内の濃度が一様でないため、測定値に不確かさが生じた。これを改善するために、チャンバー内にサーキュレータなどを設置するなど一様性を確保することを目指す。
- CO₂も含めた検出限界値と流入量の関係
今年度では CO₂ の流入量が大きく、検出限界を超えるケースが見られた。CP モデルを用いるなどして、測定器の検出限界を超えないようにあらかじめ流入量を決定する必要がある。
- 1 回の実験に使う消耗品の量
エアロゾル発生装置を使用して試験を行う上で Jet 数が多くなると噴霧される液滴も多くなるため、3-Jet では1 時間程度で 200cc の溶液を消費してしまう。そのため、試験時間に応じて充填する溶液量も考慮する必要がある。
- 測定時間
下流チャンバーの粒子濃度が落ち着いたかと思えば上昇をするということを繰り返し、サンプリング口に到達するまでにさらなる時間を要することが実験より分かった。そのため、1 回の試験で、2 時間かそれ以上のデータ採取時間が必要である。

- 測定法の確立

換気扇を挟んで上流・下流の差圧を検出するセンサー (<5 kPa) を設置しているが、今回は上流側ポンプでの加圧流量のバルブ制御までは行っていないため、上流側ポンプの挙動が安定せず、差圧を測定できる状態に至っていない。加圧流量のバルブ制御方法は今後、調整方法を確立する予定である。

3.3 実家屋実験

3.3.1 実家屋実験概要

屋内退避の吸入被ばくの低減効果を決定するパラメータの一つとして自然換気率が挙げられる。特にガス状において、自然換気率は吸入被ばく低減効果に大きな影響を与えることを平成27年度の報告書で示した。戸建て住宅に対する自然換気率の調査はあるものの、集合住宅の調査は多くはない。また、赤林によると隙間相当面積から自然換気率を推定する手法は集合住宅に適用できないことが指摘された。そこで建築年数の異なった集合住宅をメインに自然換気率の調査を行った。

3.3.2 実験対象家屋

対象は集合住宅（茨城県那珂郡東海村）、戸建て住宅（茨城県常陸太田市、福島県大熊町、双葉町）、大講堂（茨城県那珂郡東海村）であり、表3.5にそれらの簡単な特徴を示す。集合AとCでは、自然換気率調査を約1ヶ月間行い、自然換気率と風速または室内外温度差の依存性を詳細に調査した。集合Eは今回対象とした部屋の中で最も容積が小さく、エアコンの影響が最も大きく現れると考え、エアコン稼働による自然換気率への影響を調査した。

表3.5 各住宅の特徴と測定日のまとめ

住宅名	建築年数	造	測定日	備考
集合A	1994	RC	2016/10/4,5, 2017/1月	メゾネット
集合B	1994	RC	2016/10/6,11	メゾネット
集合C	1975	RC	2016/10/12,13,31, 11月	
集合D(1)	1999	RC	2016/10/14,17	
集合D(2)	1999	RC	2016/10/18,19	
集合E(1)	1983	RC	2016/10/20,21, 12/19-26	1F, 6畳の1R
集合E(2)	1983	RC	2016/10/20,21, 12/19-26	4F, 6畳の1R
常陸太田1	2001	木造戸建て	2016/10/24,25	常陸太田市
福島1*	1993	木造戸建て	2016/11/28, 2017/2/8,15	大熊町
福島2*	2001	木造戸建て	2016/11/29, 2017/2/7,16	大熊町
福島3*	1995	木造戸建て	2016/11/30, 2017/2/6,17	双葉町
大講堂	1962	RC	2017/1/10-13	

*福島県の家屋は地震等による損傷（ひび、窓の損傷）を目視では確認できなかった。

3.3.3 実験方法と換気率導出方法

CO₂を用いた自然換気率の調査はJIS1406(1974)に基づいて行った。各住宅の各階の中央付近でCO₂を午前と午後の2回散布し、その後のCO₂濃度の時間変化を計測した。測定期間中、2回目のCO₂放出時を除いて人の出入りはない。自然換気率を求める上で、室内のCO₂濃度が均一である必要があるため、部屋が広い場合にはサーキュレータまたは扇風機を用いて室内の濃度を早く均一にするようにした。CO₂濃度以外に自然換気率に影響を与えうる風速、風向、温度も同時に測定した。風向風速計はなるべく周囲に建物、樹木がない場所を選んだ。部屋の間取り、測定器の配置、測定環境の写真を付録3に示す。

室内の CO₂ 濃度の時間変化は以下の式で表される。

$$\frac{dC_I}{dt} = \lambda_e (C_o - C_I) \quad (3.3)$$

ここで、 C_I は室内の CO₂ 濃度、 C_o は室外の CO₂ 濃度、 λ_e は自然換気率である。測定された濃度変化と上式の計算値の差の二乗和が最小になるように自然換気率を決定した。

3.3.4 実験結果

測定結果の例として、集合 C での CO₂ 濃度、風速、風向、温度、湿度の時間変化を図 3.41 に示す。放出点（おんどとり II、VISALLA II）での CO₂ 濃度は放出時間に鋭いピークを持ち、そのあとは時間とともに指数関数的な濃度の減少がみられる。放出点以外（おんどとり I2、VISALLA I2）の CO₂ 濃度は放出時刻より少し経過した後に最大値をとり、その後は放出点の濃度と同様の指数関数的な濃度の減少がみられる。これらの傾向はほかの住宅でも同様であった。

CO₂ 濃度の時間変化をみると、時間が経過するにつれ、どの地点でも濃度が近い値をとり、その後の時間変化が類似しているように見える。これは、CO₂ は室内外間のみの交換のみならず、部屋間での交換が起きているためである。放出直後では、室内外間の交換よりも室内間の交換のほうが顕著であるため、放出点近く（おんどとり II、VISALLA II）での濃度の減少が早く、その他の地点（おんどとり I2、VISALLA I2）での濃度が上昇した。放出から 1 時間以内に、室内の CO₂ 濃度がほぼ均一になったため、室内外間の交換が顕著にみられていると考えられる。そこで本研究では、自然換気率の導出には部屋間の濃度が均一になった時間帯の濃度測定値を用いた。

大講堂では図 3.42 に示したように空間内の濃度が均一にならなかったため、本年度の実験では換気率を導出することができなかった。換気率を導出するためには放出する CO₂ の量を増やす（今回は 600L を用いたが、精度よく推定するためにはその倍以上必要と考えられる。）、より強力なサーキュレータを使用することが考えられる。大講堂以外にも、家屋内の濃度が均一にならない場合は換気率導出を行わなかった。

3.3.5 変動要因の検討

今年度行った実験により求めた自然換気率及び文献調査で得られた自然換気率と建築年の関係を図 3.43 に、対象家屋全体、集合 A、C での自然換気率と風速、室内外温度差の関係を図 3.44 と図 3.45 に示す。次に自然換気率に係るパラメータの建築年、風速、室内外温度差、建築分類（戸建て住宅または集合住宅）による自然換気率への影響を示す。

(1) 建築年

図 3.43 より、建築年ごとにみると、建築年が新しいほど自然換気率が小さい。これは戸建て住宅と同様の結果であり、集合住宅の場合でも、建築年が新しいほど住宅の気密性能が上昇し、自然換気率が小さくなったと考えられる。今回の実験で得られた自然換気率は過去の実験値及び赤林の関係図からの推定値と同様の値を示した。1980 年以前の集合住宅では今回の実験値のほうが低い、文献では外部風速の条件が記されておらず、風速による差異であるか、住宅の気密性能の差異であるかは調査できなかった。

(2) 風速

図 3.44 より、集合 A と C で風速ごとにみると、風速が強いほど自然換気率が大きい。これは

戸建て住宅と同様の結果であった。さらに建築年が古い集合 C のほうが風速の変化による自然換気率の変化が大きく、この傾向も戸建て住宅と同様の結果であった。

ベランダで測定した風速はほとんどが 0 であり、自然換気率との関係性は見られなかった。ヒヤリング調査より、ベランダのように囲まれた場所で風速を測定しても、値が 0 になり、意味が無いことが指摘された。

(3) 室内外温度差

図 3.45 より、室内外温度差ごとにみると、今回の実験では室内外温度差による自然換気率への影響がほとんど見られなかった。この原因として、今回の実験では室外の温度を測定する際に、直射日光が当たる条件であったため、正確な温度を測定できなかったことによると考えられる。次回の実験では、室内外の温度を測定する際、直射日光が当たらないように工夫して実験を行う。

(4) 戸建て住宅と集合住宅

図 3.43 と図 3.44 より、戸建て住宅と集合住宅では、建築年が新しいほど、風速が弱いほど自然換気率が小さい傾向は同様であった。1992 年以前に建築された家屋では集合住宅のほうで自然換気率が小さい傾向であるものの、1992 年以降に建築された家屋では集合住宅と戸建て住宅の自然換気率はほぼ同等であることがわかる。

(5) エアコン稼働

集合 E で行ったエアコン稼働有無による自然換気率への影響調査の結果を図 3.46 に示す。図に示されているようにエアコン稼働によって自然換気率にほとんど影響を及ぼしていないことが分かる。今回使用したエアコンは外部空気を取り入れないものである。現在ではほとんど普及していないものの、一部機種では外部空気を取り入れるものもあり、このエアコンを使用した場合の自然換気率への影響は異なる可能性がある。

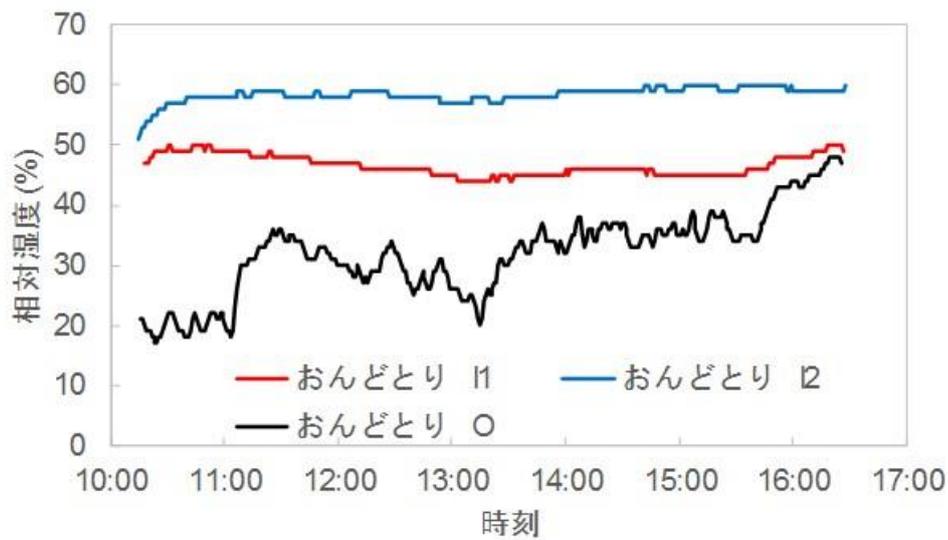
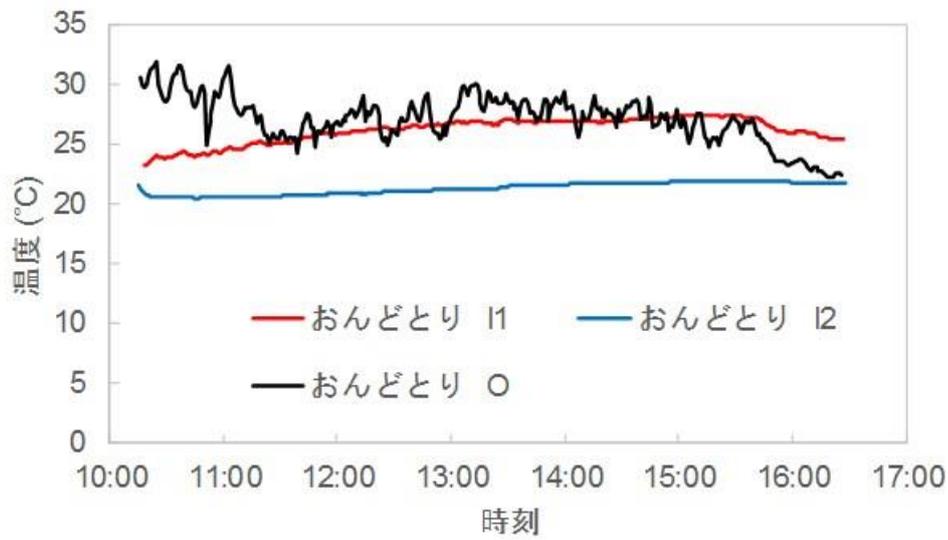
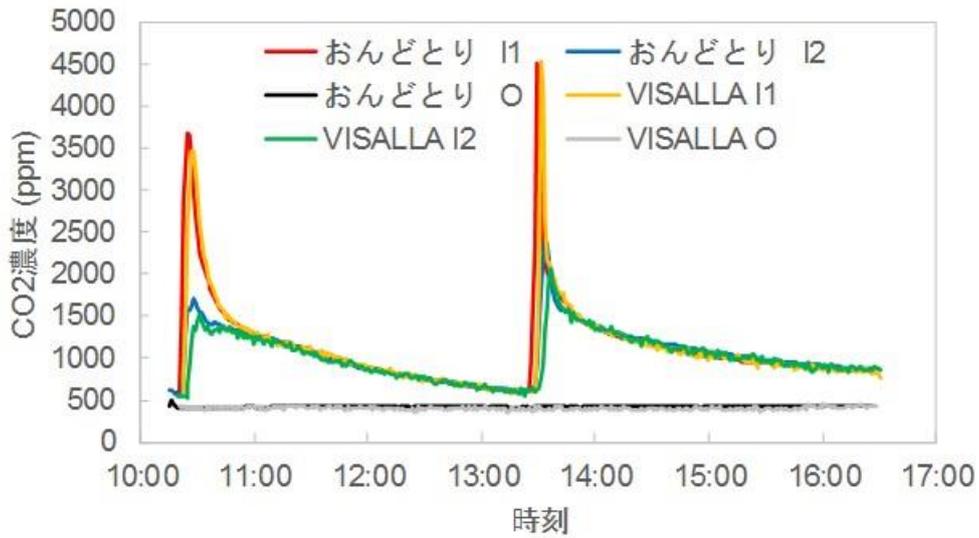


図 3.41 集合 C (10 月 12 日) での CO₂ 濃度、温湿度、風向風速の時間変化 (1/2)

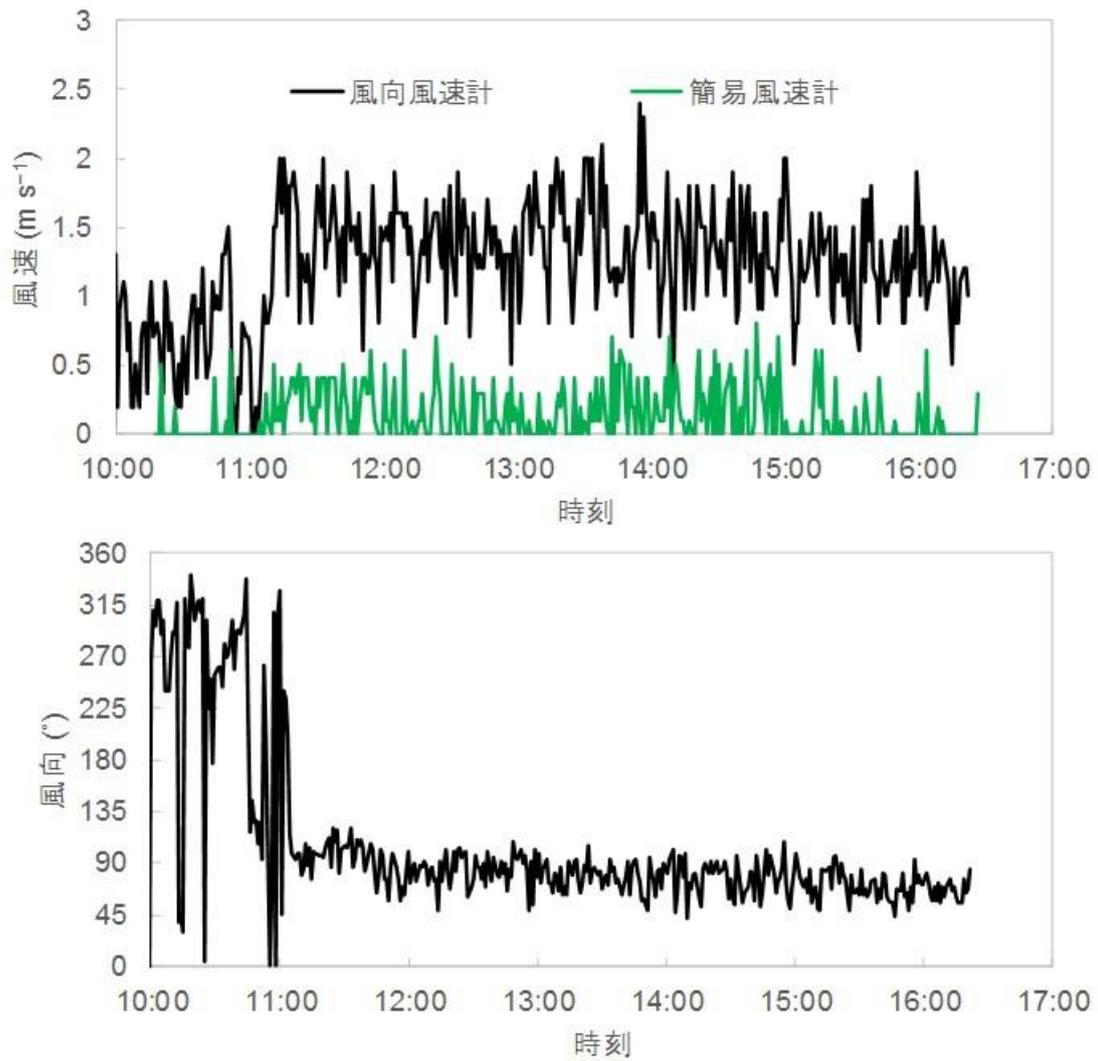


図3.41 集合C (10月12日)でのCO₂濃度、温湿度、風向風速の時間変化 (2/2)

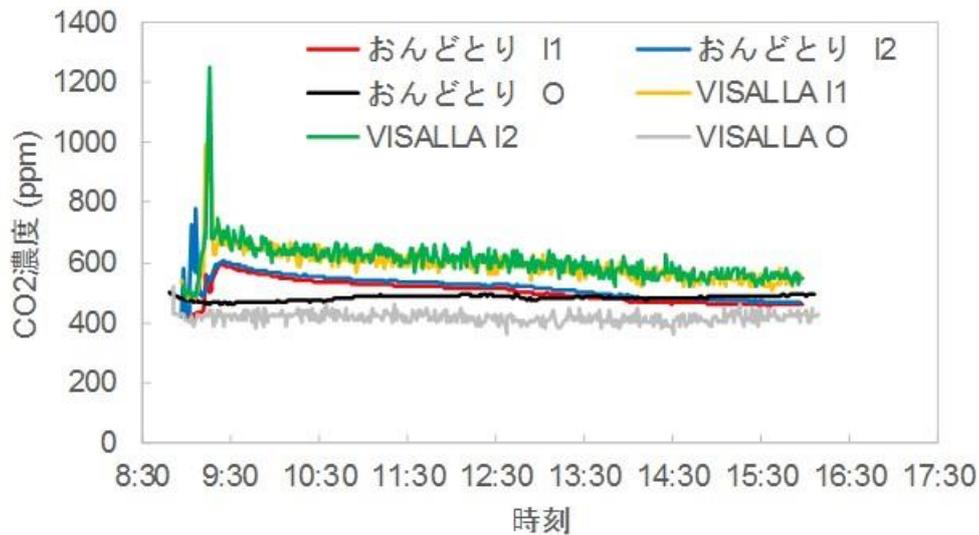


図 3.42 大講堂（1月12日）でのCO₂濃度の時間変化

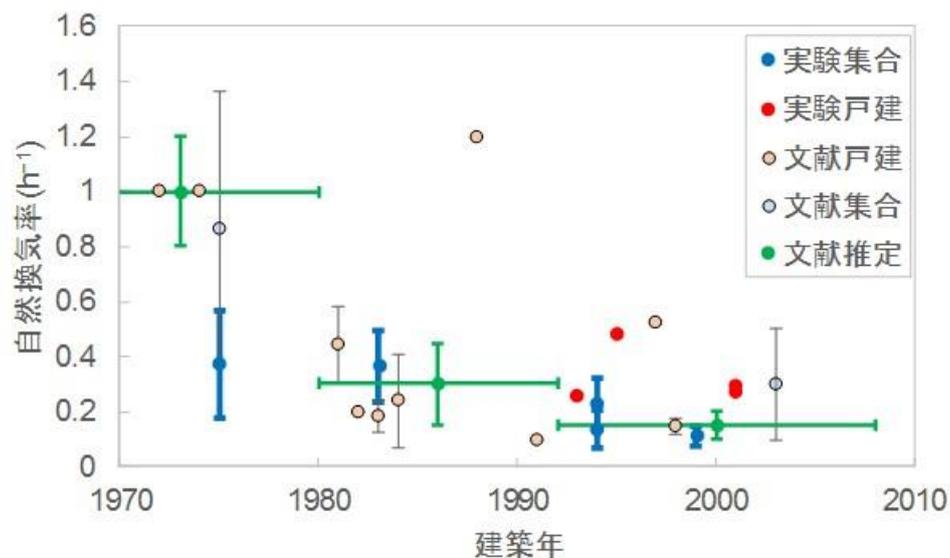


図 3.43 自然換気率と建築年の関係。エラーバーは実験または文献調査で得られた標準偏差、建築年のエラーバーは隙間相当面積の平均値を算出するために使用した範囲を表している。文献戸建と文献集合は自然換気率が文献にそのまま記載されているものを使用（図 3.10）。文献推定は文献調査で得た戸建て住宅の隙間相当面積から赤林の関係図を用いて推定した自然換気率を示している。実験戸建と実験集合は表 3.5 に示した家屋で行った自然換気率実験の結果を示している。1988年に1点飛び出ている点は、隙間相当面積が同年代の他の家屋と比べて高い（ $18 \text{ cm}^2 \text{ m}^{-2}$ ）ことに起因するものと考えられる。しかしながら、隙間相当面積が高い原因は文献調査で得られなかった。

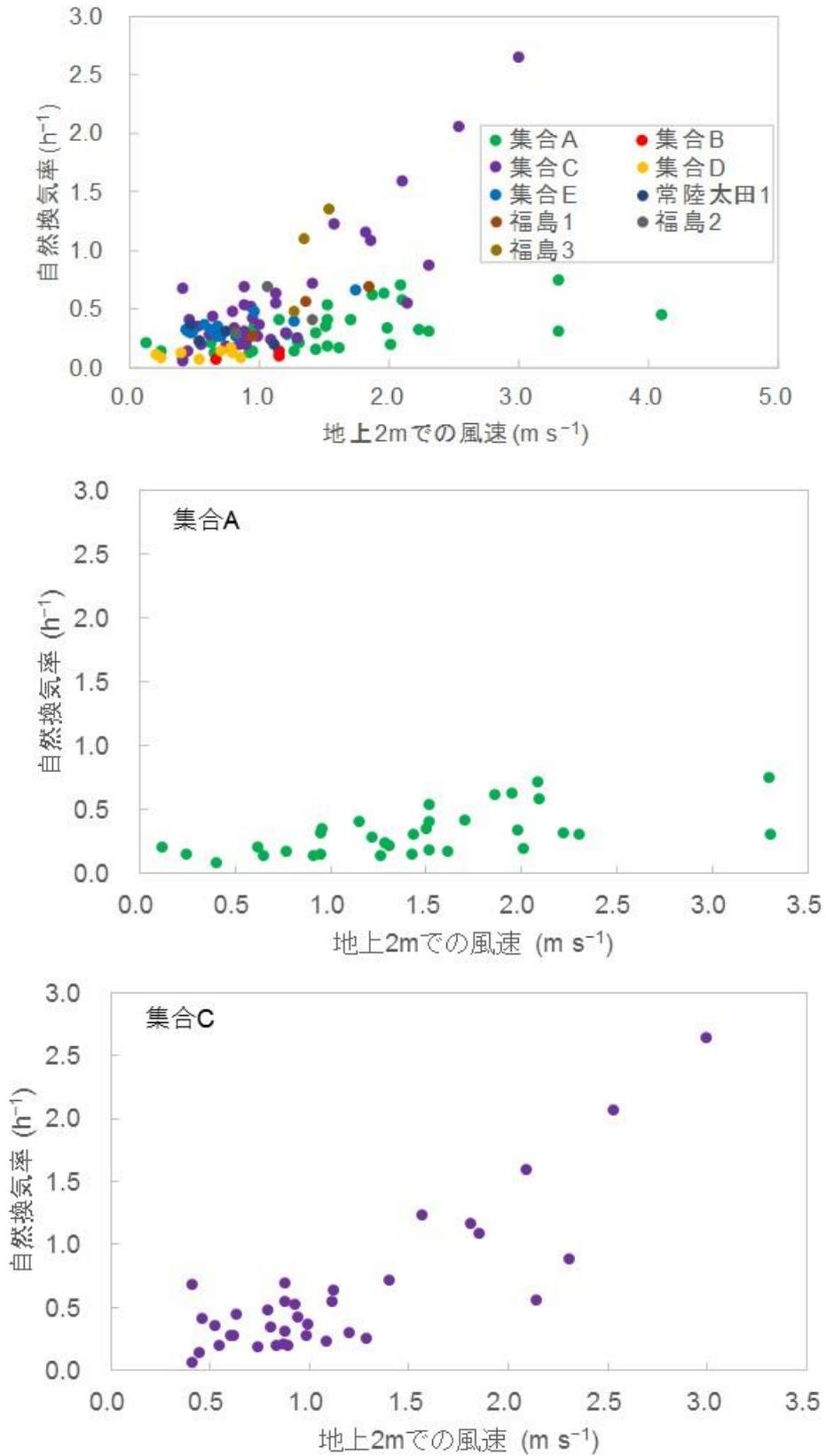


図 3.44 実験で導出した自然換気率と風速の関係

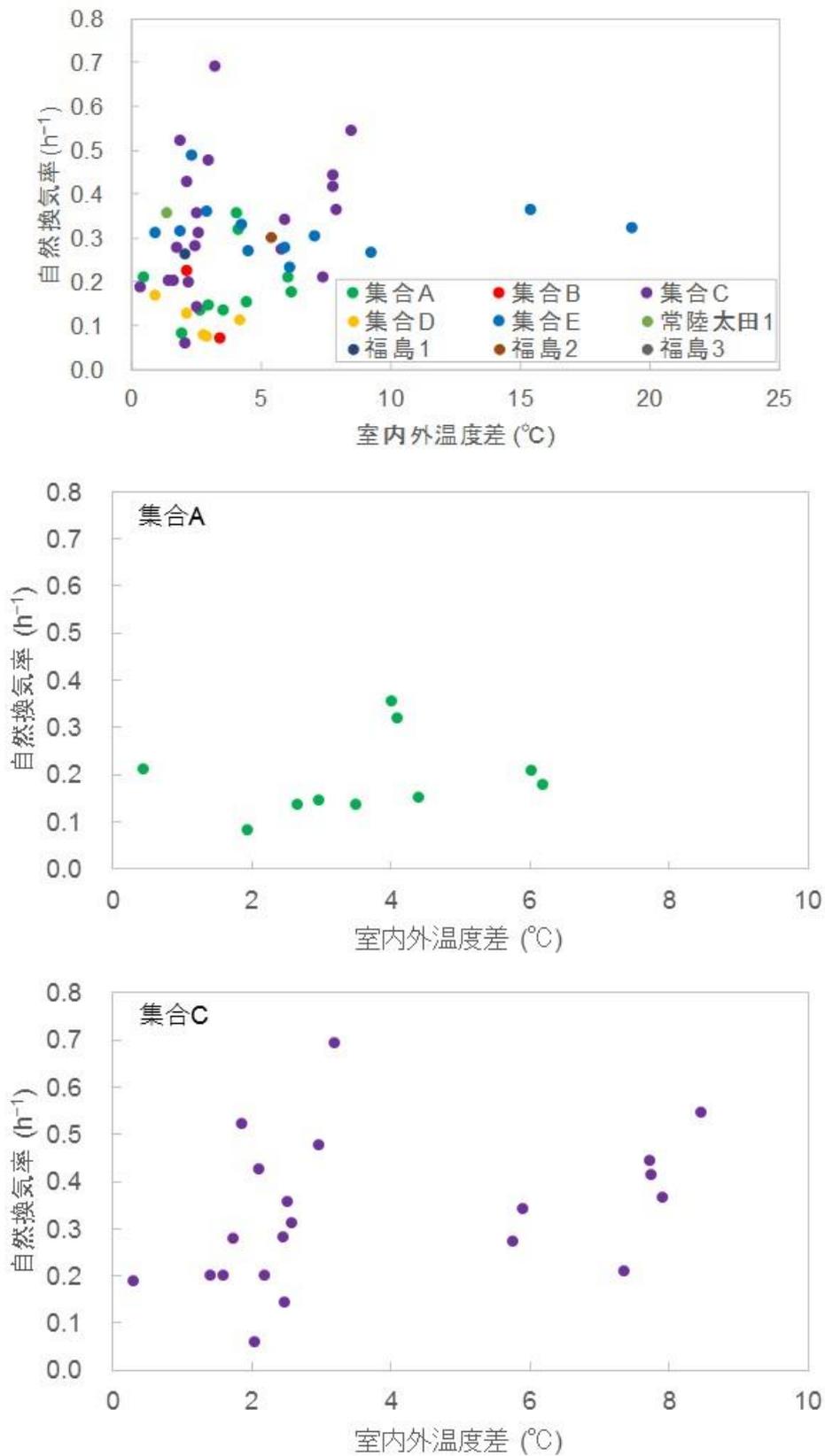


図 3.45 実験で導出した自然換気率と室内外温度差の関係。風速の影響を小さくするため、地上 2 m での風速が 1 m s^{-1} 以上は除外した。

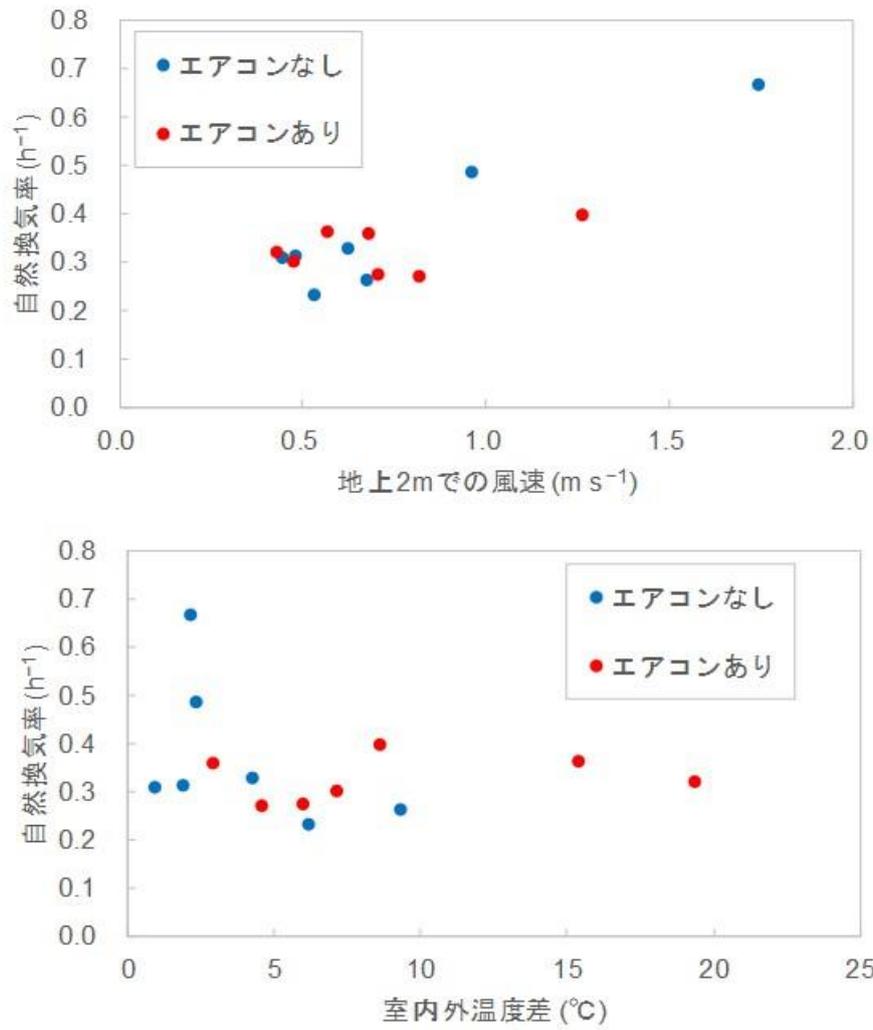


図3.46 集合Eでの自然換気率と風速（上）、室内外温度差（下）の関係。

3.4 吸入被ばく低減効果の解析

3.4.1 条件設定

本事業では、新たな文献調査結果から平成 27 年度に示した CP モデルで十分に空気交換を表せることから、そのモデルを用いて屋内退避による吸入被ばく低減効果の解析を行った。想定する核種を ^{131}I (半減期 8.02 日) とし、 ^{131}I の化学形態を元素状ヨウ素 (I_2)、有機状ヨウ素 (CH_3I)、粒子状ヨウ素の三種類に分類して感度解析を行った。

本事業ではヨウ素を対象としているため、屋内退避による低減効果を表す尺度として線量比を用いた。線量比の定義は化学形態 i の空气中放射能濃度のプルーム通過開始時刻から時刻 t までの積分値 ($S_i(t)$) に吸入摂取による甲状腺等価線量への換算係数 (e_i) をかけた値の室内と室外の比 $D_{in}(t)/D_{out}(t)$ である。

$$\frac{D_{in}(t)}{D_{out}(t)} = \frac{\sum_i S_{i,in}(t) \cdot e_i}{\sum_i S_{i,out}(t) \cdot e_i} \quad (3.4)$$

各化学形態の e_i は ICRP Publ. 119 の値を用いた (表 3.6)。2 章で述べたように、平成 27 年度の報告書では I/O 比⁸を用いていたものの、ヨウ素の化学形態によって甲状腺等価線量への換算係数が異なるため、核種組成によっては線量比と I/O 比で値が異なる。本事業ではヨウ素のより正確な吸入被ばく低減効果を導出するため、線量比を被ばく低減効果の尺度として用いる。

各入力パラメータ値を表 3.7 にまとめた。沈着速度と浸透率の値は今年度実施した文献調査の中央値に設定した。これらの変動因子による影響の大きさは調査できず、来年度の実験で詳細に調査する。沈着速度と浸透率の変動による被ばく低減係数の感度解析の結果は H27 年度の結果と同様であり、本報告書ではその結果を再掲する。プルーム通過継続時間は平成 27 年度の報告書と同様に福島事故時の線量率の時間変化から設定した。また、プルーム通過継続時間は平成 27 年度報告書より、屋内退避時間が長い場合に被ばく低減効果には影響がほとんどないため、30 分に固定した。核種組成比は文献調査で得られた値と全てガス状または全て粒子状で解析を行った。本事業では自然換気率に影響を及ぼすパラメータである建築年、地域、季節 (温度差)、風速、建蔽率による低減効果への影響について調査した。さらに核種組成を変えた場合の低減効果への影響について調査した。

表 3.6 放射能から吸入摂取による甲状腺等価線量への換算係数 (Sv Bq^{-1}) (ICRP, 1995, 2012)

化学形態	1 歳	大人
I_2	3.6×10^{-6}	3.9×10^{-7}
CH_3I	2.5×10^{-6}	3.1×10^{-7}
粒子状 I (Type F*) 粒径 0.3 μm	1.1×10^{-6}	1.1×10^{-7}

*粒子状の場合、Type F, M, S の 3 タイプに分類されているが、ICRP Publ. 71 ではヨウ素は Type F が推奨されていることと、Type F の換算係数が最も大きく、保守的な結果になることから、本事業では Type F のみを対象とした。

⁸ 空气中放射能濃度のプルーム通過開始時刻から時刻 t までの積分値の室内と室外の比 ($S_{in}(t)/S_{out}(t)$)

表 3.7 感度解析に用いた各パラメータの値

パラメータ	値	備考
沈着速度	0.5 h ⁻¹	粒子状, I ₂ *
	0 h ⁻¹	CH ₃ I, I ₂ *
浸透率	0.75	粒子状, I ₂ *
	1	CH ₃ I, I ₂ *
プルーム通過継続時間	30 分	
核種組成 I ₂ :CH ₃ I**:粒子状	ガス状のみ	
	1:2:1	
	1:1:2	
	2:1:7	
	5:2:3	
	粒子状のみ	
自然換気率 (戸建て住宅)	0.8 h ⁻¹	1980 年以前、北、風速 2m/s、温度差無し、建蔽率 0%
	0.3 h ⁻¹	1980～1992 年、北、風速 2m/s、温度差無し、建蔽率 0%
	0.1 h ⁻¹	1992 年以降、北、風速 2m/s、温度差無し、建蔽率 0%
	1.0 h ⁻¹	1980 年以前、南、風速 2m/s、温度差無し、建蔽率 0%
	0.4 h ⁻¹	1980～1992 年、南、風速 2m/s、温度差無し、建蔽率 0%
	0.3 h ⁻¹	1992 年以降、南、風速 2m/s、温度差無し、建蔽率 0%
	0.1 h ⁻¹	1992 年以降、南、風速 1m/s、温度差無し、建蔽率 0%
	0.8 h ⁻¹	1992 年以降、南、風速 4m/s、温度差無し、建蔽率 0%
	0.5 h ⁻¹	1992 年以降、南、風速 2m/s、温度差 30℃、建蔽率 0%
	0.4 h ⁻¹	1992 年以降、南、風速 1m/s、温度差 30℃、建蔽率 0%
	1.0 h ⁻¹	1992 年以降、南、風速 4m/s、温度差 30℃、建蔽率 0%
	0.5 h ⁻¹	1980 年以前、南、風速 2m/s、温度差無し、建蔽率 20%***
	0.2 h ⁻¹	1980～1992 年、南、風速 2m/s、温度差無し、建蔽率 20%***
0.1 h ⁻¹	1992 年以降、南、風速 2m/s、温度差無し、建蔽率 20%***	
自然換気率 (集合住宅)	0.5 h ⁻¹	1980 年以前
	0.4 h ⁻¹	1980～1992 年
	0.2 h ⁻¹	1992 年以降

*I₂の沈着速度、浸透率は不明であるため、仮に I₂が粒子状またはガス状として挙動した場合の両方を解析した。粒子状は文献調査値の中央値を用いて解析した。CH₃I は反応性がほとんど無いという報告 (Schmel, 1980) より、沈着速度を 0、浸透率を 1 として解析した。

**HOI は CH₃I と同様の挙動をすると仮定し、本事業では CH₃I と HOI を区別しないとした。

***示した条件では建蔽率 20%と 40%の自然換気率はほぼ同値であった。

3.4.2 解析結果

建築年、地域、季節（温度差）、風速、建蔽率、戸建て/集合、核種組成について着目した感度解析結果を図 3.47 から図 3.51 に示す。沈着速度と浸透率の感度解析結果を図 3.52 に再掲する。本文中では、1 歳児（粒径 $0.3 \mu\text{m}$ ）を対象とした場合の線量比のみを示す。その他の解析条件の結果は付録 4 に示す。大人を対象とした場合、粒径 $1 \mu\text{m}$ を対象とした場合、実効線量を用いた場合で解析を行ったものの、それらの差は 0.04（10%以内）であった。最も被ばく低減係数が大きくなる条件は大人、粒径 $0.3 \mu\text{m}$ を対象とした場合の甲状腺等価線量と実効線量であった。

(1) 建築年の違いによる被ばく低減効果への影響

建築年の違いを見ると、建築年が新しいほど自然換気率が小さいため、線量比も小さく、被ばく低減効果が大きいことがわかる（図 3.47）。建築年の違いによって、線量比は最大で 4 倍程度異なり、他のパラメータに比べて被ばく低減効果への影響が大きい。

(2) 地域の違いによる被ばく低減効果への影響

地域の違いを見ると、北地域の家屋は気密性能が高く、自然換気率が小さいため、線量比が小さく、被ばく低減効果が大きいことがわかる（図 3.47）。また建築年が新しいほど、線量比の差が大きい。これは地域による自然換気率の比は建築年数が新しいほど大きいことに起因する。地域の違いによって、線量比は最大で 2 倍程度異なる。

(3) 建蔽率の違いによる被ばく低減効果への影響

建蔽率の違いを見ると、建蔽率が大きいほど自然換気率が小さいため、線量比も小さく、被ばく低減効果が大きいことがわかる（図 3.48）。しかしながら、建蔽率がある程度大きくなると（ここで示した例では 20%）、建蔽率が大きくなっても自然換気率がほとんど変わらず、被ばく低減効果への影響が小さくなる。山村部（Rural）と町部（Urban, Suburban）の違いによって、線量比は最大で 2 倍程度異なる。

(4) 風速の違いによる被ばく低減効果への影響

風速の違いを見ると、風速が大きいほど自然換気率が大きいため、線量比が大きく、被ばく低減効果が小さいことがわかる（図 3.49）。風速の違いによって、線量比は最大で 4 倍程度異なり、他のパラメータに比べて被ばく低減効果への影響が大きい。ただし、建築年数が新しい家屋、または建蔽率が大きい場所では、風速が大きくなっても自然換気率がほとんど変わらず、被ばく低減効果への影響が小さくなる。

(5) 室内外温度差の違いによる被ばく低減効果への影響

室内外の温度差の違いを見ると、温度差が大きいほど自然換気率が大きいため、線量比が大きく、被ばく低減効果が小さいことがわかる（図 3.49）。風速が弱いほど温度差による被ばく低減効果への影響が大きく、温度差の違いによって、線量比は 3 倍程度である。ただし、風速が 2 m s^{-1} 以上になると、室内外の圧力差は風速に支配され、温度差による被ばく低減効果への影響は小さくなる。

(6) 戸建て住宅と集合住宅の違いによる被ばく低減効果への影響

集合住宅は戸建て住宅よりも気密性能が高い傾向であり、自然換気率が小さいため、線量比が

小さく、被ばく低減効果が大きいことがわかる（図 3.50）。ただし、前述したように 1992 年以降の新しい住宅では戸建て住宅と集合住宅の気密性能はほとんど変わらないため、被ばく低減効果への影響は小さくなる。

(7) 核種組成の違いによる被ばく低減効果への影響

核種組成の違いを見ると、粒子状が多いほど室内に侵入する放射性物質の量が減少するため、線量比が小さく、被ばく低減効果が大きいことがわかる（図 3.51）。全てガス状の場合、被ばく低減効果への影響が大きいのは、平成 27 年度の報告書で示したように、自然換気率と屋内退避継続時間である。粒子状が含まれると、屋内退避継続時間の被ばく低減効果への影響は小さく、浸透率、沈着速度、自然換気率が被ばく低減効果に影響を与える。また、 I_2 がガスのように不活性であるか、活性であり粒子のように壁面等に付着するかによっても被ばく低減効果が大きく異なるため、 I_2 の沈着速度と浸透率を求めることはより正確な被ばく低減効果を評価するうえで重要である。

(8) 沈着速度と浸透率被ばく低減効果への影響

沈着速度がファクター2 変化した場合、I/O 比の変化は平均でファクター1.5 程度であり、粒子状の場合には I/O 比は沈着速度の変化よりも小さな変化を示し、沈着速度は自然換気率よりも I/O 比への影響が小さい。浸透率がファクター2 変化した場合、I/O 比の変化はファクター2 であり、I/O 比は浸透率の変化と同様の変化を示し、自然換気率及び沈着速度と比べて感度が高い。

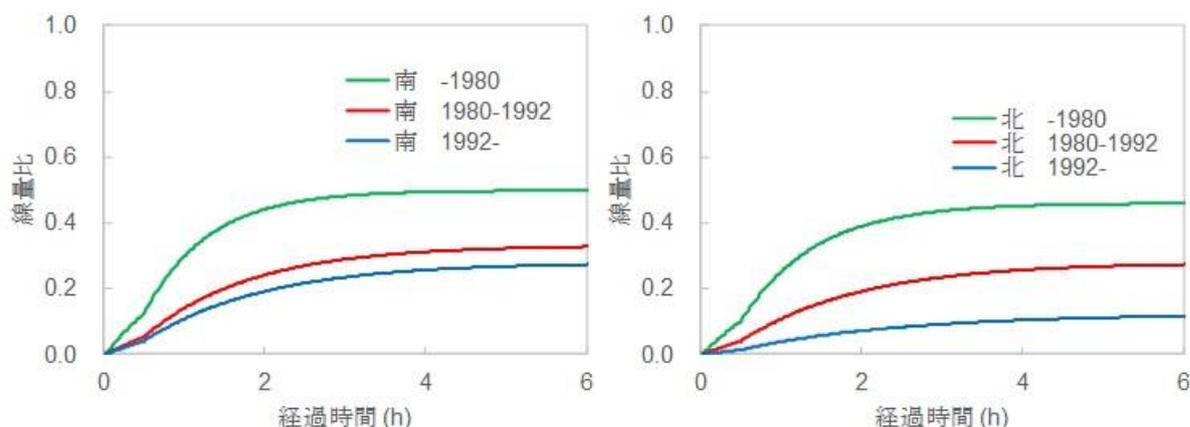


図 3.47 全て粒子状を想定し、建築年と地域の感度解析結果（左：南地域、右：北地域）。戸建て住宅、建蔽率 0%、風速 2 m s^{-1} 、温度差 0°C 。

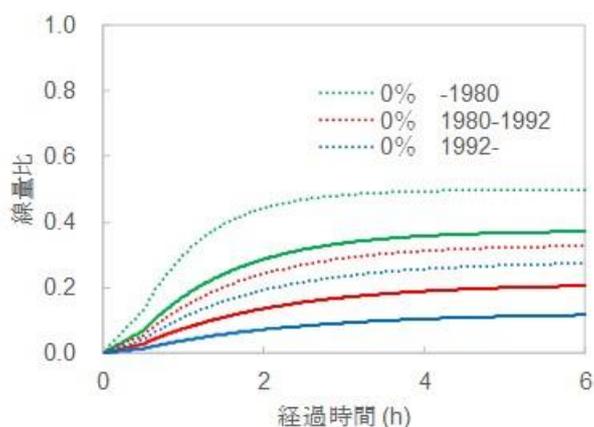


図 3.48 全て粒子状を想定し、建蔽率の感度解析結果（点線：建蔽率 0%、実線：建蔽率 20%）。戸建て住宅、南地域、風速 2 m s^{-1} 、温度差 0°C 。

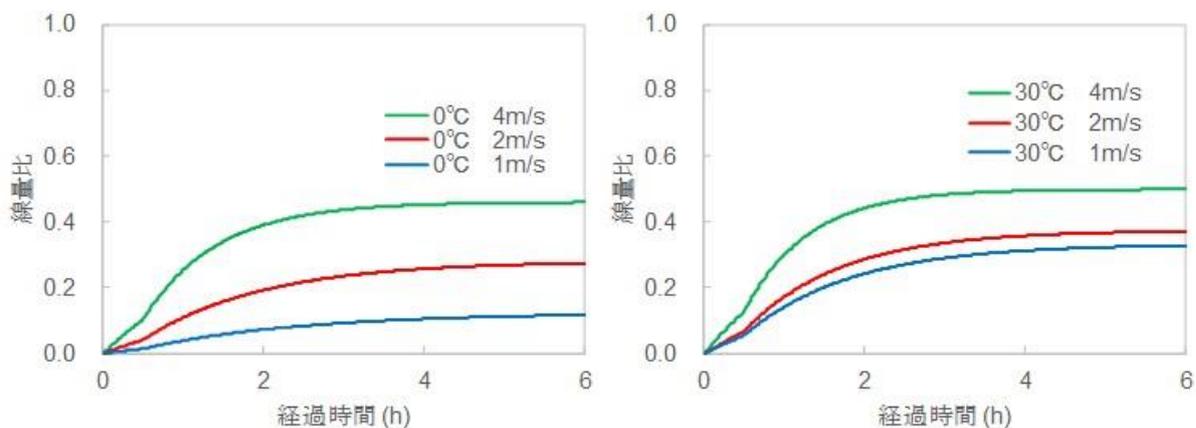


図 3.49 全て粒子状を想定し、温度と風速の感度解析結果（左：温度差 0°C 、右：温度差 30°C ）。戸建て住宅、南地域、建築年 1992 年以降、建蔽率 0%。

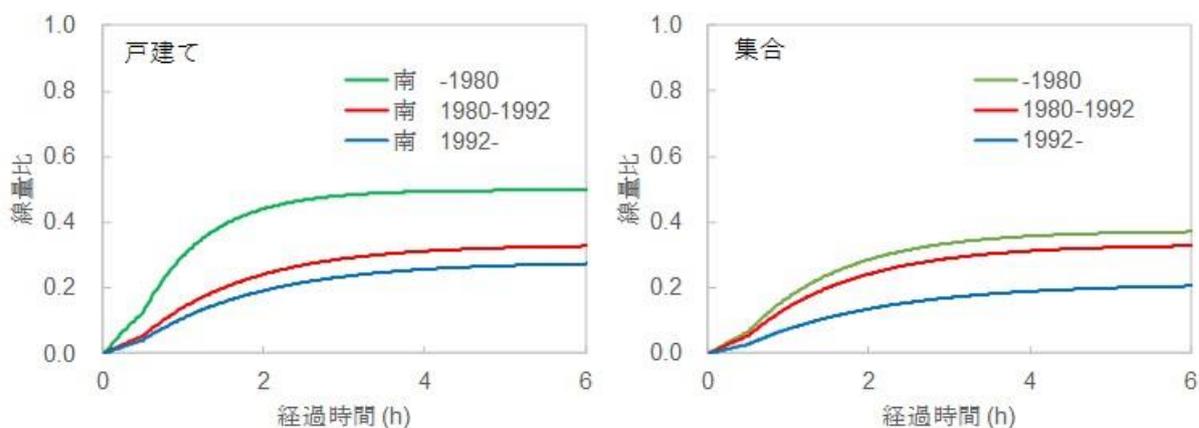


図 3.50 全て粒子状を想定し、戸建て/集合住宅の感度解析結果（左：戸建て住宅、右：集合住宅）。南地域、建蔽率 0%、風速 2 m s^{-1} 、温度差 0°C 。

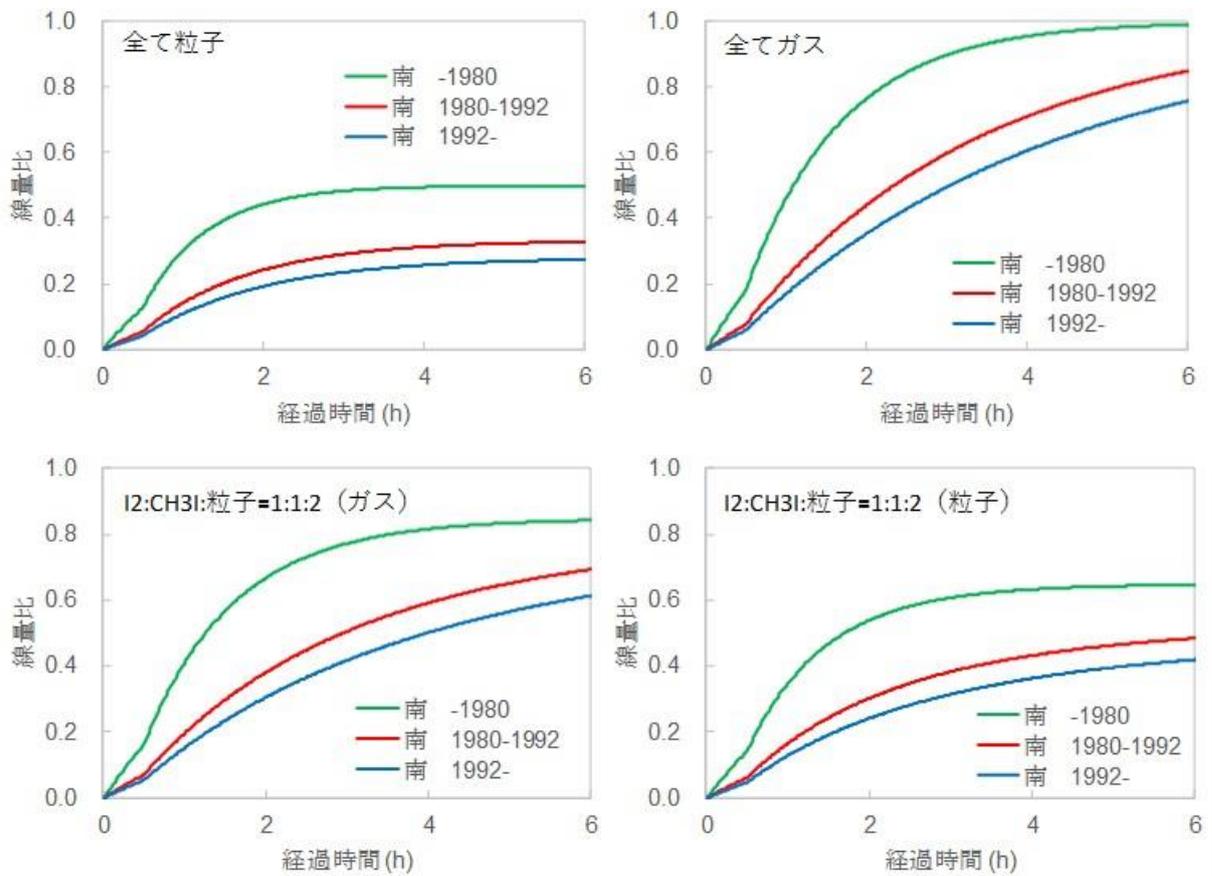


図 3.51 核種組成の感度解析結果。戸建て住宅、南地域、建蔽率 0%、風速 2ms^{-1} 、温度差 0°C 。

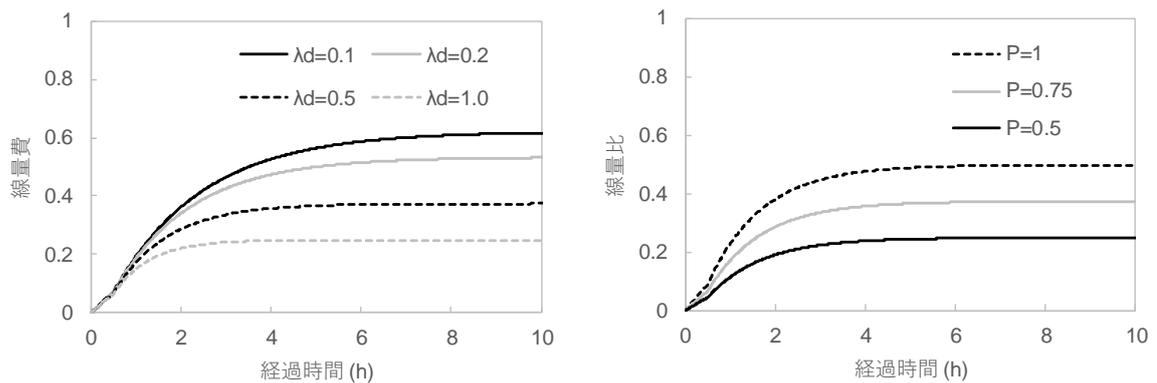


図 3.52 沈着速度 (左) と浸透率 (右) の感度解析結果。戸建て住宅、自然換気率 0.5h^{-1} の場合。

3.5 車両による吸入被ばく低減効果の検討

2.3 節に示したように車両による吸入被ばく低減効果に係るパラメータは屋内退避による被ばく低減効果に係るパラメータと同様である。しかしながら、材質の違いによる沈着速度、浸透率の違い、車の走行による換気率の違いが生じる。ここでは、車走行時の換気率の違いを実験により調査した。本年度は大枠を捉える実験を行い、次年度に向けての課題点を整理した。

3.5.1 実験方法

実験方法は家屋で行った実験とほとんど同様であり、CO₂を車内に散布し、その後のCO₂濃度の時間変化から換気率を導出した。車走行時を模擬するために、車前方に大型のサーキュレータを配置した(図 3.53)。車の斜め前に風速計を配置し、風速計の値から時速に換算した。実験の都合上、車のエンジンは停止したままであり、今回の実験では風速(時速)と外気/内気モードの違いによる換気率への影響を調査した。今回対象とした車種は日産 NOTE である。

3.5.2 実験結果

実験結果例を図 3.54 に示す。実家屋での実験と同様に、CO₂を散布した直後は高濃度空気塊を捕らえたことにより、スパイク上に濃度が上昇し、その後は指数関数的に濃度が減少している。今回の実験ではサーキュレータの強弱及び車とサーキュレータの距離を変えることによって風速(時速相当)を変えた。CO₂濃度が指数関数的に減少した部分で、フィッティングを行い、換気率を導出した。そのときに対応する風速は、フィッティングした期間の平均値である。

風速と換気率の関係を図 3.55 に示す。車停車時には外気モードと内気モードで換気率の違いは生じなかった。車走行時では、風速(時速)が大きいほど換気率が大きくなり、外気モードでは2倍程度換気率が異なる。一方、内気モードでは車走行時と停車時の換気率の違いはほとんど見られなかった。この結果は車避難時には、吸入被ばく低減効果を高めるためには内気モードにして走行すること望ましいことを示している。

3.5.3 実験の課題点

本実験を通じて、大型のサーキュレータを使用したものの、自然風によって風速が安定しない期間が多かった。風速と換気率の関係を厳密に求めるためには、自然風の入らないガレージ、または風のない期間で実験を行う必要がある。

換気率が小さい停車時の測定の際、車内のCO₂濃度の変動幅が大きく、換気率に大きな不確かさが生じたと考えられる。この原因として、CO₂濃度が車内で一様になっていないことが考えられ、不確かさを低減させるために、家屋実験と同様に車内にサーキュレータなどを設置して、強制的に空気を循環させる必要があると考えられる。

今回の実験では、エンジンを停止した条件である。実際の車を用いた避難では、エンジンをかけている状態であるため、エンジンをかけた場合と停止した場合で換気率に差異が生じるかを調査する必要がある。



図 3.53 実験概要図 (左：上から見た図、右：実験写真)

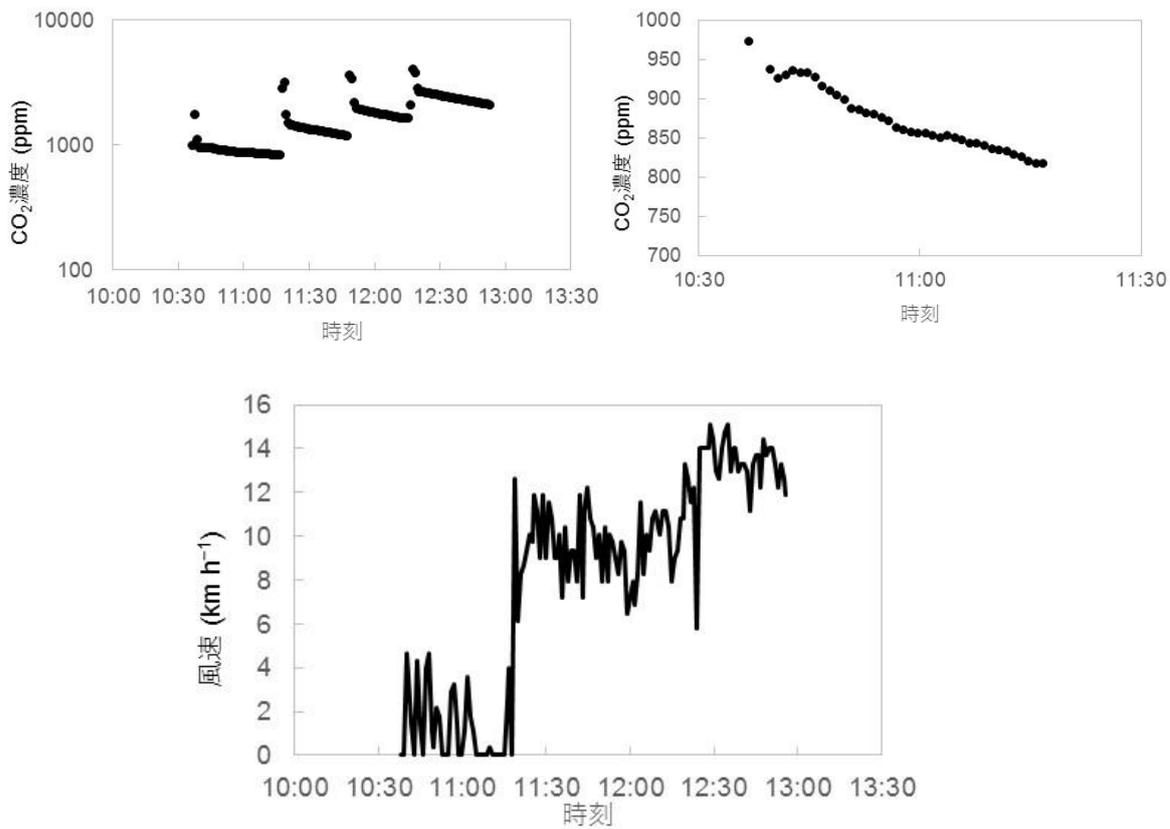


図 3.54 CO₂濃度と風速の測定結果例。右上図は左上図の拡大図。

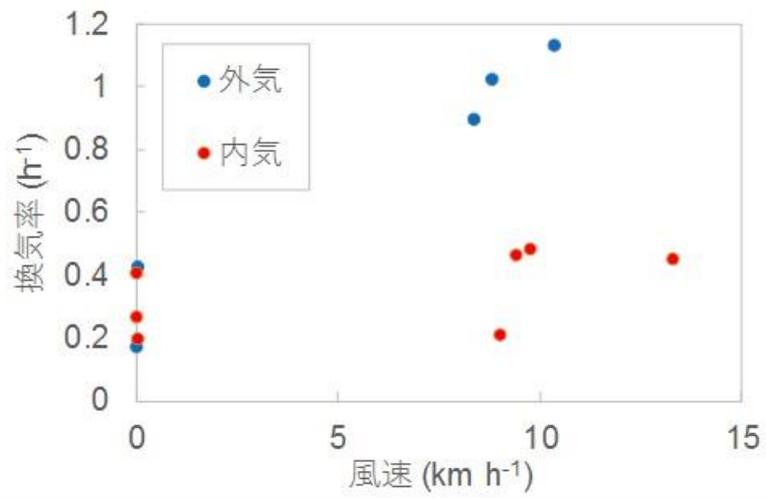


図 3.55 車の換気率と風速（時速）の関係

4. 屋内退避による外部被ばくの低減効果

平成 28 年度の本事業における外部被ばく低減効果の評価は、2 章に示した課題点に基づいて、対象とする建屋分類を追加すると共に、戸建て住宅を中心に各種文献調査及び建築専門家へのヒヤリング調査を実施し、その調査結果を踏まえた建屋モデルを用いて被ばく低減効果の解析を実施した。

平成 27 度の外部被ばく低減効果の評価に用いた建屋モデルは、既往研究成果(古田と高橋,2014)を用いた。平成 28 年度の事業では、壁厚等の設定に資するための国内の住宅の構造等に関する現況を調査し、既往研究成果をリバイスした。

4.1 建物による被ばく低減効果の検討

4.1.1 外部被ばく低減効果に関するパラメータ等の調査

(1) 建屋の分類

平成 27 年度に報告した国内の原子力発電所立地地域と周辺自治体における住宅家屋(戸建て、長屋建て、及び共同住宅)の構造の割合を表 4.1 に再掲する。これは、平成 25 年度住宅・土地統計調査(総務省統計局,2013)に基づいたものである。

住宅・土地統計調査における建屋分類の定義は以下の通りである。

- A. 木造(防火木造を除く)
建物の主な構造部分のうち、柱・はりなどの骨組みが木造のもの。ただし、「防火木造」に該当するものは含めない。
- B. 防火木造
柱・はりなどの骨組みが木造で、屋根や外壁など延焼のおそれのある部分がモルタル、サイディングボード、トタンなどの防火性能を有する材料でできているもの
- C. 鉄筋・鉄骨コンクリート造
建物の骨組みが鉄筋コンクリート造、鉄骨コンクリート造、または鉄筋・鉄骨コンクリート造のもの
- D. 鉄骨造
建物の骨組みが鉄骨造(柱・はりが鉄骨のもの)のもの
- E. その他
上記以外のもので、例えば、ブロック造、レンガ造などのもの

以後、A を非防火木造と呼ぶことにする。なお、防火木造住宅と非防火木造住宅に対して、建築基準法第二条第八号に記載の防火構造基準に基づいて、住宅の外壁材が当該基準を満たしているかどうかを調査した。詳細は 4.1.1(3)に示す。

表 4.1 戸建て住宅家屋の構造の割合

道府県	木造（防火木造を除く）	防火木造	鉄筋・鉄骨 コンクリート	鉄骨造	その他
北海道	19%	65%	12%	2%	2%
青森県	29%	63%	6%	2%	0%
宮城県	44%	40%	6%	7%	2%
福島県	33%	42%	11%	12%	2%
茨城県	38%	37%	15%	10%	<1%
新潟県	37%	48%	9%	6%	<1%
静岡県	39%	34%	15%	12%	<1%
石川県・富山県	70%	24%	4%	2%	<1%
福井県・京都府・滋賀県	50%	24%	17%	8%	<1%
島根県・鳥取県	51%	22%	19%	7%	<1%
愛媛県	62%	21%	15%	2%	<1%
福岡県・佐賀県・長崎県	52%	23%	19%	5%	<1%
鹿児島県	28%	33%	33%	5%	<1%
合計	42%	33%	17%	8%	<1%

(2) 戸建て住宅の外壁構造

外部被ばく低減効果の評価対象の一つとなる戸建て住宅に関する外壁の構造を調査した。外壁の構造は、外部被ばく低減効果を左右すると考えられる。日本における代表的な木造住宅の工法である木造軸組み工法における外壁を図 4.1 に示す（住宅金融支援機構, 2015）。住宅の軸組み工法に対する外壁は、柱を挟んで屋外側に外装材、室内側に内装材、外装材と内装材の間に断熱材が挟まれる構造が基本である。

外装材として、後述する窯業系サイディング材、モルタル、軽量気泡コンクリート（ALC）パネル等が挙げられ、これらは胴縁と呼ばれる下地板の上に施工される。また、耐震性を強化するなどの目的で、構造用合板が柱と胴縁の間に張られる場合がある。外装材がモルタル塗りの場合、胴縁の上にはラス下地面材及びメタルラスが張られ、その上にモルタルが塗られることが多い。

鉄骨造住宅の場合、鉄骨製の柱の屋外側に外装仕上げ材及び外装下地材、屋内側に内装材が配置され、木造住宅と基本的な構造は同一である。鉄筋コンクリート造の場合、外装材に相当する部分が鉄筋コンクリートとなり、壁となる鉄筋コンクリートの内側に断熱材と仕上げ材が貼り付けられる構造が代表的である（建築環境・省エネルギー機構, 1999）。

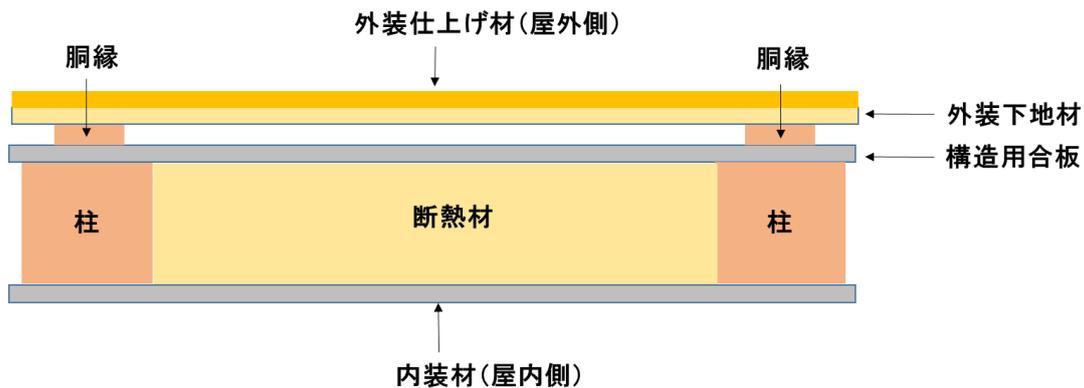


図 4.1 住宅の外壁構造の一例（木造住宅 軸組み工法）

(3) 外装材の種類に関する統計調査

① 外装材の統計

日本サッシ協会は沖縄県を除く全国 3,000 戸の新築住宅に対して建材の使用頻度の統計調査を実施している（日本サッシ協会, 2016）。なお、この調査の対象住宅は木造軸組み工法、枠組壁工法、及びプレハブ建築で建設された住宅である。

日本サッシ協会が行った平成 27 年度調査の新築の外装仕上げの構成比を表 4.2 に示す。なお、共同・長屋建住宅は木造と鉄骨造のみを対象としている。戸建て住宅で最も多く占めている仕上げ材は窯業サイディング材であり、78.8%であった。次に、モルタルの 8.2%、アルミサイディング、スチールサイディング、木、軽量気泡コンクリート（ALC）の順となっている。また、古いデータとして、住宅金融支援機構が整理した平成 11 年度のデータ（住宅金融支援機構, 1999）を表 4.3、昭和 62 年に整理したデータ（住宅金融支援機構, 1987）を表 4.4 に示す。

表 4.2 平成 27 年度における新築戸建て住宅と共同住宅の外装仕上げ材の構成比（日本サッシ協会, 2016）

名称	割合(%)	
	戸建て住宅	共同住宅
窯業系サイディング	78.8	82.1
モルタル	8.2	4.9
複合金属サイディング(スチール+アルミ)	8.8	8.6
木材	1.0	0.8
軽量気泡コンクリート	0.6	1.9
その他	2.6	1.8

表 4.3 平成 11 年における新築戸建て住宅の外装仕上げ材と下地材の構成比（住宅金融支援機構, 1999）

外装下地材		外装仕上げ材	
名称	割合(%)	名称	割合(%)
構造用合板	28.9	窯業系サイディング	56.9
構造用合板以外の ボード類	18.0	リシン吹きつけ	14.0
軽量気泡コンクリート	7.7	吹きつけタイル	7.0
モルタル	7.4	タイル張り	3.0
小舞土壁	2.2	金属系サイディング	2.0
コンクリートブロック	0.2	プラスターまたは 漆喰塗り	1.0
その他	28.9	板張り	1.0
無回答	6.7	その他	13.0
—	—	無回答	2.0

表 4.4 昭和 62 年における新築戸建て住宅の外装仕上げ材の構成比（住宅金融支援機構, 1987）

名称		割合(%)
乾式	サイディング張り	36
	軽量気泡コンクリート板	5.2
	板張り	1.5
	その他	8.3
湿式	モルタル	34
	土壁	7.0
	プラスター	1.9
	その他	0.9
なし		3.9
不明		0.5

② 外装材の選択

上述した統計に基づき、本事業で評価対象とした外装材を以下に示す。

- ・窯業系サイディング材
- ・金属サイディング材
- ・モルタル
- ・軽量気泡コンクリート
- ・セラミックタイル
- ・土壁
- ・漆喰塗り

外装材の詳細について以下に記述する。

A. 窯業系サイディング材

窯業系サイディング材は、主原料としてセメント、ケイ酸質原料、繊維質原料、混和材料などを用いて板状に成形された建築物の外装材に使用されるものである（JIS A 5422, 2014）。

B. 複合金属サイディング材

複合金属サイディング材は、屋外側に用いる金属材料の成形板である表面材、表面材と複合されて強度を保持する材料で作られた芯材、及び芯材を被覆する裏面材を複合した製品である（JIS A 6711, 2004）。表面材の代表的な材料として、表面処理鋼板、アルミニウム合金塗装板、塗装ステンレス鋼板が挙げられる。芯材の代表的な材料として、石膏ボード、ロックウール化粧吸音板、硬質プラスチックフォームが挙げられる。なお、JIS では複合金属サイディング材と呼ばれているが、本稿では金属サイディング材と呼ぶ。

C. 軽量気泡コンクリート（ALC）

セメント、石灰質原料、及びケイ酸質原料を主原料とし、高温高圧蒸気養生されたコンクリートのことを軽量気泡コンクリートと呼ばれる（ALC 協会, 2013）。英語では Autoclaved Lightweight aerated Concrete と呼ばれ、その略称で ALC と呼ばれることも多いため、以下、本報告書では ALC と呼ぶ。

ALC はパネルと呼ばれる板状に加工される。日本工業規格（JIS A 5416, 2016）によると、厚さ 75 mm 以上 180 mm 以下の厚形パネルと厚さ 35 mm 以上 75 mm 未満の薄形パネルに分類されている。厚形パネルは、鉄骨造、鉄筋コンクリート造などに使用され、外壁用の厚さは 100 mm 以上 180 mm 以下とされている。一方、厚さ 75 mm 未満の薄形パネルの規格として、代表的なものは 50 mm、35 mm、37 mm の三種類があり、厚さ 50 mm は鉄骨造と木造建築物に、厚さ 35 mm と 37 mm は木造建築物に使用される（ALC 協会, 2013）。

JIS A 5416 によると、ALC の品質に関して、圧縮強度は 3.0 N mm^{-2} 以上、密度は 450 kg m^{-3} を超え、 550 kg m^{-3} 未満としなければならないと規定されている。

D. モルタル

モルタルは、セメントモルタルと軽量セメントモルタルに大別される。木造住宅用には軽量セメントモルタルが主に使用され、ラスを下地としていることからラスモルタル、またはラス下地

用既調合軽量セメントモルタルなどと呼ばれる。セメント約 50 wt%に、ケイ砂や寒水石等の砂、パーライト等の軽量骨材、繊維、増粘剤等の混和剤が工場で調合され、現場で水が加えられて使用される（日本建築仕上材工業会, 2005）。

E. セラミックタイル

セラミックタイルは、主に壁・床の装飾または保護のための仕上げ材料として用いられ、粘土またはその他の無機質原料を成形し、高温で焼成した厚さ 40 mm 未満の板状の不燃材料とされている（JIS A 5209, 2014）。

F. 土壁

日本における伝統的な木造住宅の壁に使用されてきた。小舞下地の上に砂とわずさを混入させ、練り置きした荒木田土に代表されるような土を塗り壁とするものである（住宅金融支援機構, 2015）。近年では、土壁を用いた住宅の建設比率は減少している。

G. 漆喰塗り

漆喰塗りは、石灰・砂・のり・すさを主な材料として、これらを水でよく練って塗られたものである。古くからある壁塗り工法である（住宅金融支援機構, 2015）。

(4) 木造住宅の防火構造と非防火構造

建築物の外壁や軒裏の構造に、建築基準法第二条第八号に記載されている構造基準に適合している材料が使用されていれば、その住宅は防火住宅と見なすことが出来る。外装材が上記の技術基準に適合しているか否かの確認方法は、具体的に以下の 2 つがある。

- ・国土交通大臣が定めた構造方法

防火構造の構造方法を定める件（平成 12 年 5 月 24 日 建設省告示 1359 号）を参照して、外装材あるいは外装材と内装材の組み合わせが、防火構造基準に適合しているかを確認する。

- ・国土交通大臣の認定

外装材メーカーのカタログを参照し、防火構造基準に関する国土交通大臣の認定を受けているかを確認する。国土交通大臣が定めた構造方法と同様、外装材単独で認定を受けるわけではなく、防火構造基準を満たす外装材と内装材の組み合わせがある。

上記の基準を満たさない木造住宅が非防火構造の木造住宅と考えられる。

以下に記載するカタログ等の調査では、防火構造に関する国土交通大臣認定を取得していることが確認できた場合には防火木造住宅の外装材と考える。一方、非防火木造住宅に関して、外部被ばく評価上保守側になるように、内装材を板張りとした。

(5) 各外装材の密度と厚さに関する調査

上述した外装材の厚さと密度に対して、国内の住宅での使用頻度等の実態に関する統計結果はない。平成 28 年度に実施した専門家へのヒヤリングにおいても同様の旨が指摘された。このため、本年度は建材メーカーのカタログ調査、建築基準法、及び JIS 規格を調査することにより、厚さと密度の傾向を把握することにした。

① 窯業系サイディング材

平成 28 年度は 4 社（ニチハ株式会社、ケイミュー株式会社、旭トステム外装株式会社、東レ ACE 株式会社）合計 36 データを収集した。厚さと密度の分布を図 4.2 に示す。

カタログ調査の結果、窯業系サイディング材の厚さは厚いものでは 21 mm、25 mm の 2 製品が存在したものの、おおむね 14–18 mm の間であった。算術平均値と最頻値はともに 16 mm であった。日本窯業外装材協会に問い合わせたところ、2015 年において出荷量が最も多い厚さは 15–16 mm であるとの回答を得た。

密度は 0.85–1.2 g cm⁻³ の間であった。算術平均値と最頻値はともに 1.1 g cm⁻³ であった。また、木造下地あるいは鉄骨下地に対して内装材が石膏ボードの場合に防火造認定を受けていることを確認した。本年度実施する解析では、窯業系サイディング材は防火木造住宅と鉄骨住宅に対して採用し、その厚さを 16 mm、密度を 1.1 g cm⁻³ とした。

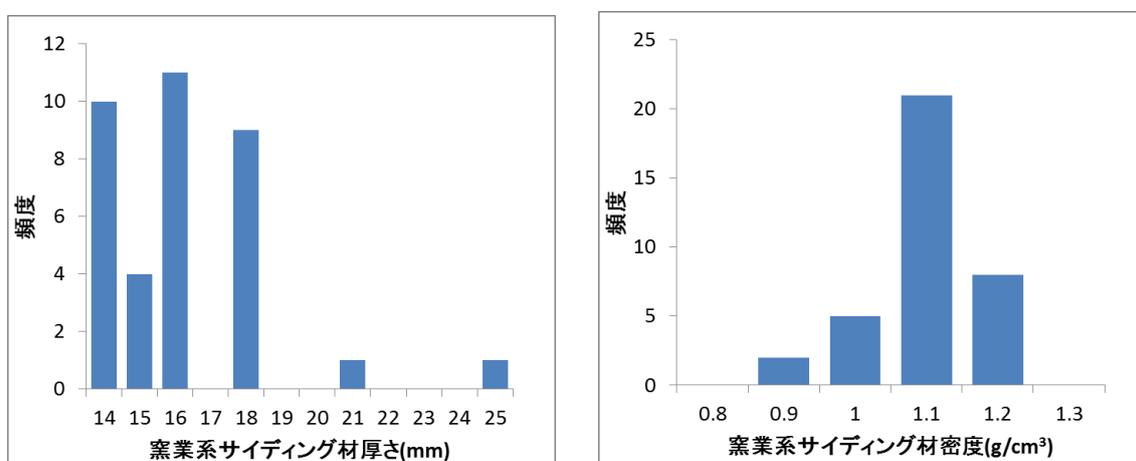


図 4.2 窯業系サイディング材の厚さ (左) と密度 (右) の分布

② 金属サイディング材

1 社（ニチハ株式会社）のカタログによると、表面材として塗装高耐食 GL めっき鋼板が使用されており、厚さは 0.27–0.35 mm、芯材は硬質ウレタンフォームまたはイソシアヌレートフォームであり、軽量な材質である。また、内装材が石膏ボードの場合にその組み合わせで防火造認定を受けていることを確認した。本年度実施する解析では、金属サイディング材は防火木造住宅と鉄骨住宅に対して採用し、その厚さを 0.3 mm、密度を鉄の密度である 7.6 g cm⁻³ とした。

③ モルタル

モルタルには、セメントモルタルと軽量セメントモルタルの二種類がある（日本建築仕上材工業会,2005）。本年度は住宅用とされている軽量モルタルに関して 7 社（株式会社豊運、太平洋マテリアル株式会社、昭和電工建材株式会社、株式会社トクヤマエムテック、秩父コンクリート工業株式会社、二瀬窯業株式会社、日本化成株式会社）カタログ調査を実施した。なお、カタログには密度が記載されていない場合が多いため、その場合には、カタログに記載されている「練りあがり量」を、「標準施工面積×標準塗り厚」で除した値をモルタルの密度とした。その結果、軽量セメントモルタルの密度は 1.2–1.4 g cm⁻³ の間であった。

建設省告示第 1359 号によると、屋外側がモルタル塗り単一層の場合、防火構造となる最小厚さ

は鉄骨住宅の場合に 15 mm、木造住宅の場合に 20 mm とされている。屋内側に関しては、木造住宅、鉄骨住宅ともに厚さ 9.5 mm 以上の石膏ボードを張る、または厚さ 75 mm 以上のグラスウールもしくはロックウールを充填した上に、厚さ 4 mm 以上の合板、構造用パネル、パーティクルボード若しくは木材を張ることで防火構造認定を受けることができる。一方、軸組み防火構造の国土交通大臣認定条件一覧（NPO 法人 湿式仕上げ技術センター）によると、防火構造認定の基準は外装材の最小厚さ 15 mm、内装材として石膏ボード（9.5–15 mm）、または強化石膏ボード（12.5–25 mm）とされている。鉄骨造では建設省告示第 1359 号に準じた基準であった。

④ 木製サイディング材

平成 28 年度は 3 社（株式会社ナガイ、チャンネルオリジナル株式会社、中本造林株式会社）の合計 20 データを収集した。厚さの分布を図 4.3 に示す。大きく分けて、10 mm の製品と 18 mm の製品の 2 つに分類される。一部 11 mm、14 mm、15 mm、及び 19 mm の製品が存在した。10 mm の製品は和風の木造住宅用であり、18 mm の製品は洋風住宅用であった。解析では、厚さを最頻値の 18 mm、密度を後述するようにスギの気乾比重に相当する 0.38 g cm^{-3} とした。

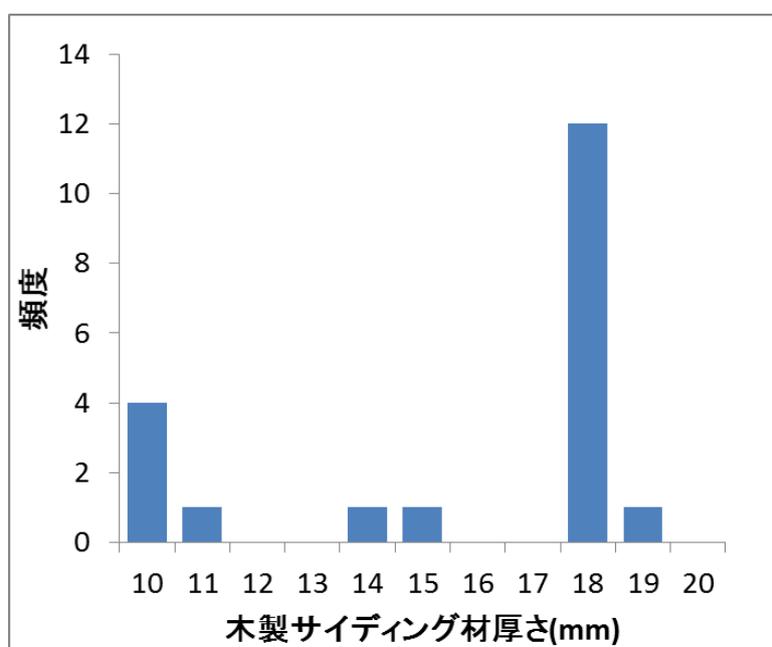


図 4.3 木製サイディング材の厚さ分布

⑤ セラミックタイル

平成 28 年度は 2 社（株式会社 LIXIL グループ、株式会社アイコットリョーフ）合計 29 データを収集した。厚さと密度の分布を図 4.4 に示す。

厚さは、7–20 mm の間であり、算術平均値は 11 mm、最頻値は 8 mm であった。密度は、 $1.6\text{--}2.4 \text{ g cm}^{-3}$ の間であり、算術平均値は 1.9 g cm^{-3} 、最頻値は 2.1 g cm^{-3} であった。解析では、厚さを最頻値の 8 mm、密度を最頻値の 2.1 g cm^{-3} とした。また、内装材が石膏ボードの場合にその組み合わせで防火造認定を受けていることを確認した。

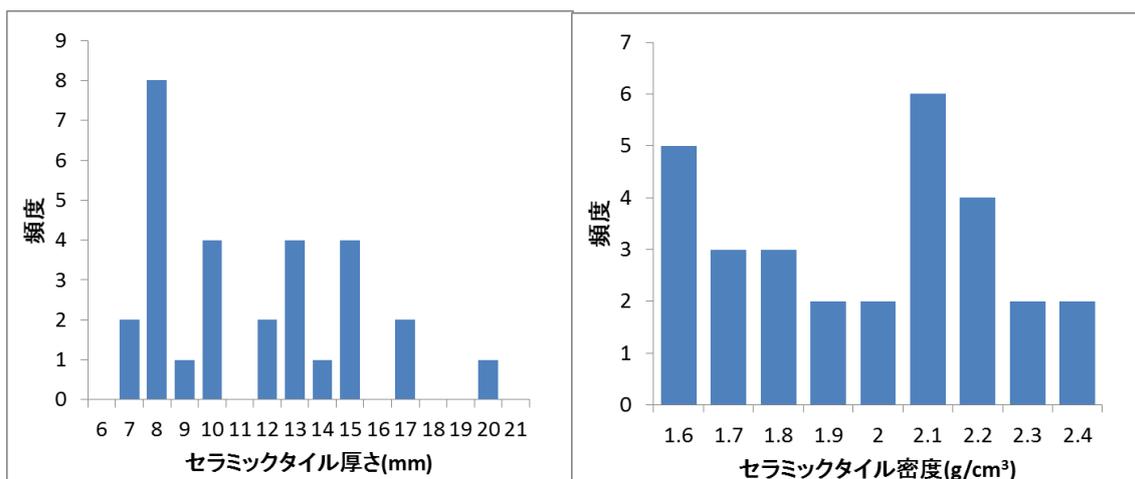


図 4.4 セラミックタイルの厚さ (左) と密度 (右) の分布

⑥ 漆喰

木造住宅工事仕様書 (住宅金融支援機構, 2015a)、枠組壁工法住宅工事仕様書 (住宅金融支援機構, 2015b)、及び鉄骨造等住宅工事仕様書 (住宅金融普及協会, 2011) によると、標準塗厚は 15 mm とされている。建築基準法告示 1359 号によると、塗厚 20 mm 以上 (+石膏ボードとの組み合わせ) が防火構造のための条件となっている。

本年度調査した漆喰メーカーの情報 (株式会社井助商店) によると、漆喰の密度は $1.4 \pm 0.1 \text{ g cm}^{-3}$ 、下地材の比重が $1.0 \pm 0.1 \text{ g cm}^{-3}$ と示されている。本年度は密度を保守側となる下地材の比重である 1.0 g cm^{-3} とした。

⑦ 土壁

鈴木 の報告では、断熱した土壁外壁構造の例として土壁 60 mm が挙げられていた (鈴木, 2004)。住宅の平成 25 年省エネルギー基準の解説 (一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構, 2015) には、土壁造住宅の外壁躯体内部に 60–70 mm 程度の土壁が施工され、その密度は 1.28 g cm^{-3} と記述されている。カタログ等による厚さなどの規定はない。

建築基準法告示 1359 号によると、土塗真壁造で、塗厚さが 40 mm 以上のもの、もしくは屋内側で塗厚さが 30 mm 以上のものかつ屋外側が 20 mm 以上 (下見板をはったものを含む) の土塗り壁の場合に、防火構造基準を満たすとされている。これらのことから、土壁の厚さを 60 mm、密度を 1.28 g cm^{-3} とした。

(6) 木材の密度

木造住宅の壁材には、風圧、地震等の荷重に耐えるための構造用合板が使用される場合がある。構造用合板の手引き（日本合板工業組合連合会）によると、構造用合板に使用される樹種として、以下の樹種があげられる。

国産材	スギ、カラマツ、アカマツ、トドマツ、ヒノキ	これらの樹種の複合 例) カラマツ-スギ など
外国産材	ラーチ、ベイマツ、ラジアータパイン、ラワン	

平成 26 年木材統計（農林水産省）によると、平成 26 年の木材の素材供給量は、国産材が全体の 77.8%を占めている（表 4.5）。国産材の樹種別素材供給量を見ると、合板で使用される国産の樹種として、スギが国産全体の 66.2%を占めている（表 4.6）。

以上のことから、モデルに使用する代表木材としてスギを選定した。密度はスギの気乾比重の平均値である 0.38 g cm^{-3} とした（林業試験場, 1958）。

表 4.5 平成 26 年の木材素材供給量

区分	全国 (千 m ³)	対前年比 (%)	構成比 (%)
国産材	19,913	101.4	77.8
外材	5,669	88.8	22.2
合計	25,582	98.3	100.0

表 4.6 平成 26 年の国産材の樹種別供給量

	合計	針葉樹							広葉樹	
		小計	あかまつ・くろまつ	すぎ	ひのき	からまつ	えぞまつ・とどまつ	その他		
供給量 (千 m ³)	合計	19,913	17,741	674	11,193	2,395	2,369	958	152	2,172
	製材用	12,211	12,116	176	7,872	2,039	1,270	704	55	95
	合板用	3,191	3,177	152	2,111	126	681	94	13	14
	木材チップ用	4,511	2,448	346	1,210	230	418	160	84	2,063
対前年比 (%)	合計	101.4	102.9	108	102.7	104.1	104.7	94.7	104.8	90.5
	製材用	101.3	101.5	128.5	100.6	104.4	110.1	87.5	94.8	75.4
	合板用	105.8	105.7	107	109.8	121.2	92.9	103.3	92.9	140
	木材チップ用	98.7	106.1	100.3	104.8	94.7	111.2	137.9	115.1	91.1
構成比 (%)	合計	100.0	89.1	3.4	56.2	12	11.9	4.8	0.8	10.9
	製材用	100.0	99.2	1.4	64.5	16.7	10.4	5.8	0.5	0.8
	合板用	100.0	99.6	4.8	66.2	3.9	21.3	2.9	0.4	0.4
	木材チップ用	100.0	54.3	7.8	26.8	5.1	9.3	3.5	1.9	45.7

(7) 屋根

① 下地野地板

木造住宅工事仕様書（住宅金融支援機構, 2015a）と枠組壁工法住宅工事仕様書（住宅金融支援機構, 2015b）では、合板野地板（屋根下張材）の最小厚みは9 mmと規定されている。このことから、屋根の下地材である野地板の厚さは9 mmとした。

② 屋根厚さ

既往研究（古田と高橋, 2014）の設定では、木造住宅では20 mm厚の粘土瓦（密度 2.2 g cm^{-3} ）、鉄骨住宅では20 mm厚のサイディング材（密度 1.1 g cm^{-3} ）としていた。本年度調査した「フラット 35 住宅仕様実態調査報告」（住宅金融支援機構）によると、木造住宅の屋根葺き材の種類として、粘土瓦、スレート瓦、金属板の3種類が挙げられており、平成24年4月1日以降に設計検査申請・合格した木造軸組み工法による新築住宅のうち、全国で最も多く占めている屋根葺き材はスレート瓦であり、全体の39.3%を占めていた。この他に屋根材の分布に関するデータは無かった。技術資料スレートボード（せんい強化セメント板協会, 2015）によると、スレート平板の標準厚さは5 mmとされている。JIS A 5430 (2013)によると、平板スレートの密度は 1.5 g cm^{-3} とされている。本年度は木造住宅と鉄骨造住宅の屋根をともに既往研究よりも保守側の設定となるスレート屋根とした。組成は、窯業系サイディング材と同じとした。

(8) 天井

既往研究の設定（古田と高橋, 2014）では、木造戸建て住宅の天井板を6 mm厚の木材、鉄骨戸建て住宅と鉄筋コンクリート住宅では9.5 mm厚の石膏ボードとしていた。天井板の厚さの例として、化粧張り天井板の厚さは5.5–6.3 mm程度（日本木材総合情報センター）が挙げられているものの、鉄骨住宅の天井材に関しての新たな情報を得ることができなかった。このことから、木造住宅の天井を6 mm厚の化粧天井板張り、鉄骨住宅と鉄筋コンクリート住宅の天井を昨年度の既往研究の設定を踏襲した9.5 mm厚の石膏ボードとした。

(9) 床

既往研究（古田と高橋, 2014）の設定では、木造戸建て住宅と鉄骨戸建て住宅の床板を15 mm厚の木材、鉄筋コンクリート住宅では35 mm厚のコンクリートとしていた。木造住宅工事仕様書（古田と高橋, 2014）によると、普通床板として厚さ15 mm以上と規定されている。本年度調査したカタログ（中本造林）によると、床板用の板として3データが得られ、その厚さは全て15 mmであった。これらのことから床板の厚さを、木造住宅と鉄骨住宅では15 mm厚の板とした。鉄筋コンクリート住宅では新たな情報は得られなかったため、既往研究の設定を踏襲した35 mm厚のコンクリートとした。

(10) 窓ガラス

ガラス工学ハンドブック（丸善, 1999）では、板ガラスの密度は 2.5 g cm^{-3} が挙げられている。建築工事標準仕様書 17 番・ガラス工事（日本建築学会, 2003）では、ガラス厚さの最小値は3 mmである。このことから全ての住宅に対して、窓ガラスの厚さを3 mm、密度を 2.5 g cm^{-3} とした。

(11) 戸建て住宅、共同住宅、長屋建て、及び公共施設の建築面積に関する統計調査

① 戸建て住宅の建築面積

平成 27 年度に調査した一戸建て住宅に関する建築面積の統計データを表 4.7 に再掲する。平成 25 年住宅・土地統計調査では、表 4.7 に示した一戸建て住宅の建築面積に対する階層別内訳（一階建て、二階建て）、建屋構造別（木造住宅、鉄骨造住宅、鉄筋・鉄骨コンクリート造等）は示されていない。表 4.7 はこれら全てを包含した集合に対する建築面積の分布である。このため、外部被ばく低減効果の解析では、戸建て住宅の建築面積は階層、建屋構造によらず一律に 93 m² とした。

表 4.7 一戸建て住宅家屋の建築面積の分布及び 1 住宅当たりの建築面積の平均値

道府県	住宅家屋の建築面積の分布(建築面積の単位 : m ²)									1 住宅当たり 建築面積の平 均値 (m ²)
	<19	20-29	30-39	40-49	50-74	75-99	100-124	125-149	>150	
北海道	<1%	1%	2%	5%	46%	31%	9%	4%	3%	79
青森県	<1%	<1%	1%	3%	28%	30%	16%	11%	11%	99
宮城県	<1%	1%	1%	3%	31%	28%	15%	10%	11%	97
福島県	<1%	<1%	1%	3%	26%	29%	17%	11%	13%	102
茨城県	<1%	1%	2%	4%	35%	27%	14%	9%	9%	92
新潟県	<1%	<1%	1%	3%	27%	27%	16%	11%	14%	104
静岡県	<1%	1%	2%	6%	38%	28%	12%	7%	6%	86
石川県・富山県	<1%	<1%	1%	3%	24%	25%	15%	12%	20%	111
福井県・京都府	<1%	4%	9%	12%	32%	19%	10%	6%	9%	82
島根県・鳥取県	<1%	1%	2%	4%	22%	23%	17%	12%	19%	110
愛媛県	<1%	1%	3%	6%	35%	27%	13%	7%	8%	88
佐賀県・福岡県	<1%	<1%	1%	3%	24%	28%	18%	12%	14%	105
鹿児島県	<1%	1%	2%	4%	28%	31%	17%	11%	6%	92
合計	<1%	1%	2%	5%	33%	27%	14%	9%	10%	93

② 長屋建てと共同住宅の建築面積

平成 25 年住宅・土地統計調査に基づき、長屋建てと共同住宅の建築面積の分布を表 4.8 と表 4.9 にそれぞれ示す。なお、戸建て住宅とは異なり、長屋建てと共同住宅の建築面積の平均値は示されていない。

「長屋建て」と「共同住宅」は、住宅・土地統計調査で用いられている用語であり、以下のよう
に定義されている。

- 長屋建て：二つ以上の住宅を一棟に建て連ねたもので、各住宅が壁を共通にし、それぞれ別々に外部への出入口をもっているもの。いわゆる「テラスハウス」と呼ばれる住宅も含まれる。
- 共同住宅：一棟の中に二つ以上の住宅があり、廊下・階段などを共用しているものや二つ以上の住宅を重ねて建てたもの。1 階が商店で、2 階以上に二つ以上の住宅がある場合も「共同住宅」とした。

木造・鉄骨造の共同住宅と長屋建て住宅は、既往研究（古田と高橋, 2014）に基づいたモデルを採用し、建築面積は木造、鉄骨造ともに既往研究と同じ 130 m² とした。なお、昨年度実施した鉄

筋コンクリート造共同住宅の建築面積は370 m²であり、表4.8と表4.9に示した300-400 m²に分類され、広い部類であった。

表4.8 長屋建て住宅の建築面積の分布

都道府県	長屋建て住宅の建築面積の分布(%)								
	99㎡以下	100～199㎡	200～299㎡	300～399㎡	400～499㎡	500～699㎡	700～999㎡	1,000～1,499㎡	1,500㎡以上
北海道	26.7%	54.5%	15.2%	2.8%	0.5%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%
青森県	44.0%	38.0%	14.0%	4.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
宮城県	42.7%	42.7%	10.7%	4.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
福島県	40.3%	43.5%	12.9%	3.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
茨城県	36.9%	49.2%	9.2%	4.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
新潟県	32.5%	45.0%	15.0%	5.0%	0.0%	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%
静岡県	54.8%	35.6%	8.2%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
石川県、富山県	35.1%	40.5%	16.2%	2.7%	2.7%	2.7%	0.0%	0.0%	0.0%
福井県、京都府、滋賀県	44.9%	38.2%	10.3%	4.4%	2.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
鳥取県、島根県	47.1%	37.3%	11.8%	3.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
愛媛県	43.9%	42.1%	10.5%	1.8%	0.0%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%
福岡県、佐賀県、長崎県	52.4%	39.7%	6.3%	1.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
鹿児島県	34.0%	52.0%	12.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
合計	38.1%	45.8%	12.0%	3.1%	0.6%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%

表4.9 共同住宅の建築面積の分布

都道府県	共同住宅の建築面積の分布(%)								
	99㎡以下	100～199㎡	200～299㎡	300～399㎡	400～499㎡	500～699㎡	700～999㎡	1,000～1,499㎡	1,500㎡以上
北海道	18.2%	48.7%	16.9%	6.1%	3.6%	3.4%	1.7%	0.9%	0.5%
青森県	20.6%	49.4%	18.9%	5.6%	2.8%	1.7%	0.6%	0.6%	0.0%
宮城県	17.5%	48.4%	16.3%	7.9%	3.7%	2.7%	1.7%	1.2%	0.5%
福島県	16.8%	45.7%	19.1%	8.6%	4.7%	3.1%	1.2%	0.4%	0.4%
茨城県	17.2%	46.8%	19.2%	8.2%	4.2%	2.7%	1.0%	0.5%	0.2%
新潟県	20.0%	45.3%	18.1%	7.2%	4.2%	2.6%	1.5%	0.8%	0.4%
静岡県	21.7%	43.2%	18.0%	7.5%	3.5%	3.0%	1.7%	0.8%	0.5%
石川県、富山県	12.7%	40.9%	23.6%	9.7%	5.9%	3.4%	2.5%	0.8%	0.4%
福井県、京都府、滋賀県	15.3%	36.9%	21.0%	10.8%	5.5%	4.9%	2.8%	1.5%	1.1%
鳥取県、島根県	20.1%	41.0%	18.0%	9.4%	5.0%	2.9%	2.9%	0.7%	0.0%
愛媛県	18.5%	42.2%	18.5%	9.2%	5.2%	4.0%	1.7%	0.6%	0.0%
福岡県、佐賀県、長崎県	28.2%	41.2%	14.4%	6.5%	3.7%	3.2%	1.9%	0.5%	0.5%
鹿児島県	24.1%	41.6%	17.1%	8.2%	4.3%	2.3%	1.2%	0.8%	0.4%
合計	19.0%	43.7%	18.1%	8.0%	4.4%	3.6%	1.9%	0.9%	0.5%

③ 体育館の床面積

平成20年度体育・スポーツ施設現況調査(総務省統計局)に基づき、体育館の床面積の分布を表4.10に示す。なお、上記調査の対象とされた体育館は、学校・スポーツ施設、大学・高専体育施設、公共スポーツ施設、及び民間スポーツ施設に分類されているものである。なお、昨年度対象とした体育館モデルの建築面積は1650 m²、運動場部分の床面積は1350 m²でありバスケットコート二面分に相当し、表4.10に示した1300 m²以上の体育館に分類される。本年度は、運動場部分がバスケットコート一面分に相当する建築面積が900 m²の体育館に対する解析を実施する。

表 4.10 体育館の床面積の分布（平成 20 年度 体育・スポーツ施設現況調査より抜粋）

都道府県	床面積			
	1300m ² 以上	660m ² 以上 1299m ² 未満	132m ² 以上 659m ² 未満	計
北海道	557	1,686	711	2,954
青森	142	487	225	854
宮城	234	537	214	985
福島	231	699	330	1,260
茨城	230	657	261	1,148
新潟	267	762	352	1,381
富山	85	346	135	566
石川	177	326	167	670
福井	159	249	94	502
静岡	208	697	257	1,162
滋賀	117	312	94	523
京都	107	498	294	899
鳥取	47	260	129	436
島根	91	252	195	538
愛媛	134	338	232	704
福岡	246	893	269	1,408
佐賀	89	228	85	402
長崎	87	473	269	829
鹿児島	155	482	481	1,118
合計	3,363	10,182	4,794	18,339

④ 病院の建築面積

平成 17 年度医療施設実態調査（総務省統計局）から抜粋した病院総数の建物の面積の分布を表 4.11 に示す。なお、昨年度対象とした病院モデルの建物面積は約 9000 m² であり、表 4.11 に示したデータから一般的な大きさの建物と判断し、床面積の補正は行わない。

表 4.11 病院の建物面積の分布

	病院総数	建物面積								
		1～1999m ²	2000～3999m ²	4000～5999m ²	6000～7999m ²	8000～9999m ²	10000～19999m ²	20000～39999m ²	40000m ² 以上	不詳
北海道	620	46	175	130	84	55	84	36	8	2
青森	109	8	24	21	14	10	22	7	3	-
宮城	151	14	38	28	17	12	25	13	4	-
福島	147	7	37	34	14	17	27	7	4	-
茨城	205	46	57	23	25	12	26	12	4	-
新潟	139	4	19	16	20	20	40	18	2	-
富山	115	16	27	35	5	6	17	4	5	-
石川	109	16	23	17	5	11	24	9	4	-
福井	86	19	22	14	9	6	9	3	4	-
静岡	189	7	31	43	32	17	30	19	8	2
滋賀	63	5	6	11	6	9	15	6	5	-
京都	177	29	36	32	19	11	29	11	6	4
鳥取	45	1	6	6	10	5	11	5	1	-
島根	58	9	7	7	7	9	12	5	2	-
愛媛	153	24	43	28	13	11	21	10	3	-
福岡	478	56	119	74	66	46	79	26	9	3
佐賀	111	17	37	17	19	7	9	4	1	-
長崎	168	12	44	36	28	16	21	9	2	-
鹿児島	279	55	87	57	24	21	29	5	1	-
合計	3402	391	838	629	417	301	530	209	76	11

④ 学校の建築面積

平成28年度文部科学統計要覧（文部科学省）から抜粋した平成27年度の全国の学校建物面積と学校数を表4.12に示す。表には学校建物面積と学校数から計算した1学校当たりの建物面積も合わせて示す。なお、昨年度対象とした学校モデルの床面積は3024m²であり、表に示した1学校当たりの建物面積よりも小さい。一方、鉄筋コンクリート校舎の標準設計（文部省,1950）によると、1教室当たりの標準面積は63m²とされており、本モデルではこの広さが踏襲されているため、一般的な大きさのモデルであると判断し、床面積の補正を行わないこととした。

表4.12 平成27年度 学校建物面積、学校数と1学校当たりの建物面積

	小学校	中学校	高等学校
学校建物面積(単位:千m ²)	102,105	63,826	63,717
学校数	20,601	10,484	4,939
学校建物面積及び学校数から推定した1学校当たりの建物面積(m ²)	4,956	6,088	12,901

4.1.2 外部被ばくの低減効果の解析

(1) パラメータの設定

① 評価対象建て屋モデルの概観

対象の戸建て住宅と集合住宅のモデル概観図を図4.5から図4.9に示す。

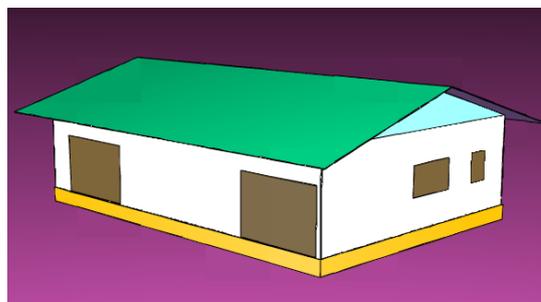
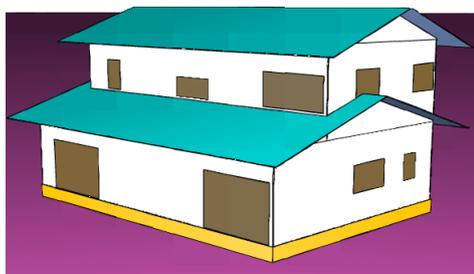


図4.5 木造戸建て住宅のモデル概観図（左：二階建て、右：平屋建て）

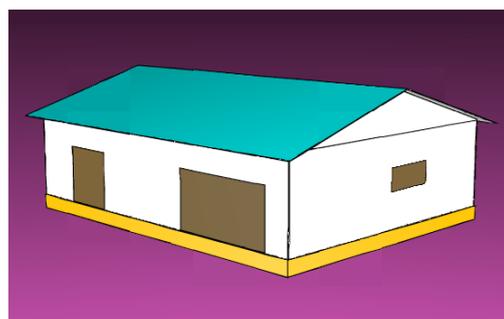
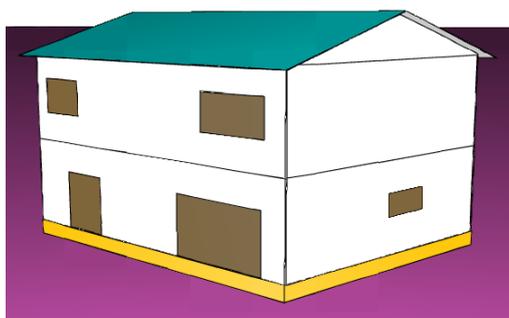


図4.6 鉄骨造戸建て住宅のモデル概観図（左：二階建て、右：平屋建て）

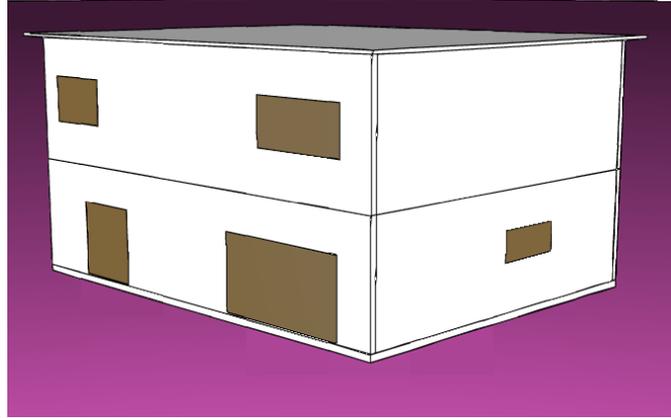


図 4.7 鉄筋コンクリート造戸建て住宅のモデル概観図

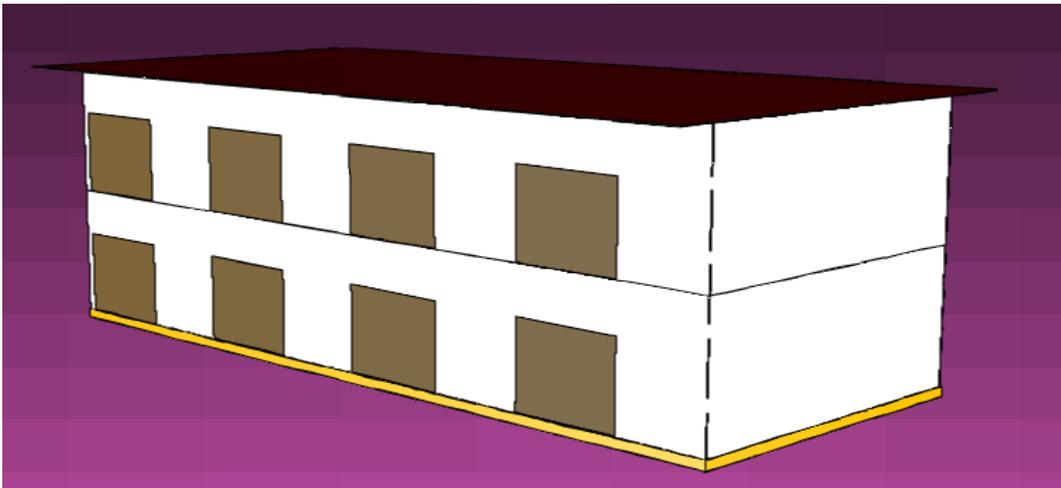


図 4.8 二階建て集合住宅（木造、鉄骨造共通）のモデル概観図

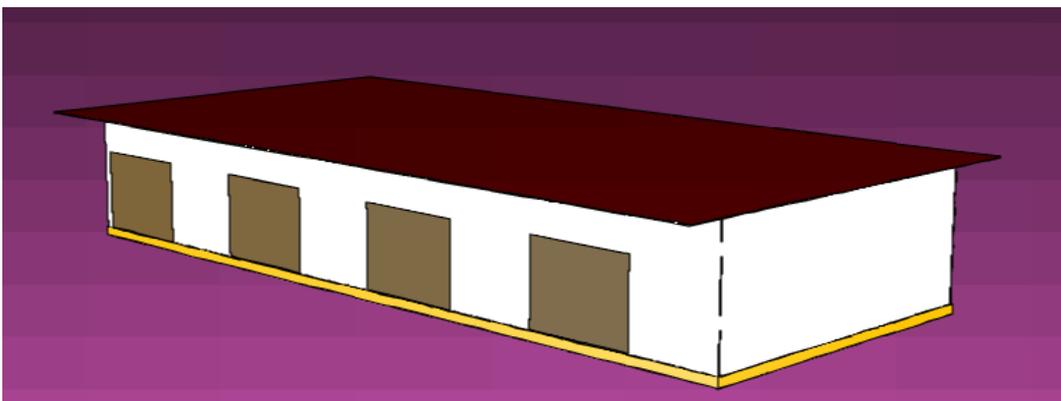


図 4.9 平屋建て集合住宅（木造、鉄骨造共通）のモデル概観図

② 解析コード

平成 27 年度と同様に、以下の式で定義される「被ばく低減係数」を算出し、建物による外部被ばく低減効果を検討する。

$$\text{被ばく低減係数} = \frac{\text{家屋内の床上 1 m における空間線量率}}{\text{家屋外の地表面上 1 m における空間線量率}}$$

解析コードは、先行研究（古田と高橋, 2014）でも用いられたモンテカルロによる輸送計算コード PHITS2 ver. 2.82（Sato et al., 2013）を利用した。断面積ライブラリには Los Alamos 国立研究所のライブラリ（White, 2003）を利用した。

③ 外装材と内装材の組み合わせ

4.1.1 に基づいて設定したパラメータを整理する。戸建て住宅の解析で設定した外装材と内装材の厚さと密度を表 4.13 に示す。共同及び長屋建て住宅（以後、共同・長屋建て住宅と記す）の解析で設定した外装材と内装材の厚さと密度を表 4.14 と表 4.15 に示す。

表 4.13 戸建て住宅の解析で設定した外装材・内装材の厚さと密度

対象建屋				外装材			内装材		
非防火 木造	防火 木造	鉄骨	鉄筋 コンクリ ート	名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)	名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)
×	○	○	×	窯業系サイディング材	1.6	1.1	石膏 ボード張 り	0.95	0.7
×	○	○	×	金属サイディング材	0.03	7.86			
×	○	○	×	モルタル	1.5	1.3			
×	○	×	×	軽量気泡コンクリート	3.5	0.5			
×	×	○	×		5.0				
×	○	○	×	セラミック タイル	0.8	2.1			
×	○	×	×	漆喰	2.0	1.0			
×	○	×	×	土壁	6.0	1.28	板張り	1.2	0.38
○	×	×	×	木製サイディング材	1.8	0.38			
×	×	×	○	コンクリート	15.0	2.1	—		

表 4.14 木造共同・長屋建て住宅の解析で設定した外装材・内装材の厚さと密度

外装材			内装材		
名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)	名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)
窯業系サイディング材	1.6	1.1	板張り	1.2	0.38
金属サイディング材	0.03	7.86			
モルタル	1.5	1.3			
軽量気泡コンクリート	3.5	0.5			
セラミックタイル	0.8	2.1			
木製サイディング材	1.8	0.38			

表 4.15 鉄骨造共同・長屋建て住宅の解析で設定した外装材・内装材の厚さと密度

外装材			内装材		
名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)	名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)
窯業系サイディング材	1.6	1.1	石膏 ボード張り	0.95	0.7
金属サイディング材	0.03	7.86			
モルタル	1.5	1.3			
軽量気泡コンクリート	5.0	0.5			
セラミックタイル	0.8	2.1			

④ 体育館

体育館に関しては、JAEA が島根県から受託した先行研究結果（高原ら, 2016）に基づき、昨年度の建屋モデルで使用した外装材等のデータをリバイスした。建屋モデルは島根県で一番多く使用されている材質を代表させることにし、変動幅の検討は行わないものとした。多く使用される物質が複数あると認められた場合、平均の厚さ密度が小さい物質で代表させることにした。平成 28 年度に見直した構造部材と設定根拠を以下に記述する。

● 天井高

体育館の天井高さ（床基準）は 14 施設に対して調べられており、その算術平均値は 1028 cm であった。このことに基づいて、体育館の天井高さを 10 m とした。

● 屋根材

体育館の屋根材は 12 施設に対して調べられている。12 施設中 10 施設にステンレス鋼が使用されており、このうち 6 施設ではステンレス鋼+木毛セメント板+アスファルトルーフィングの 3 層であり、これが 12 施設中で最も多い組み合わせである。ただし、アスファルトルーフィングの厚さは 1 mm、密度は 1.06 g cm⁻³であることから、外部被ばくに対する遮へい効果に大きな影響

はない。このことに基づいて、屋根材をステンレス鋼+木毛セメント板の二層構造として、厚さをこれらの総和の算術平均値である 3.1 cm とした。

● 外壁材

外壁材は 14 施設中 13 施設で普通コンクリートが使用されており、このうち 11 施設ではコンクリート単層であり、14 施設中で最も多い。普通コンクリート厚さの算術平均値は 15 cm であった。このことに基づいて、体育館の外壁材を厚さ 15 cm のコンクリートとした。

● 内壁材

内壁材について、ラワン合板 (0.45 g cm^{-3}) が使用されている施設は 14 施設中 5 施設、シナ合板 (0.5 g cm^{-3}) が使用されている施設も 14 施設中 5 施設あり、その中でラワン合板とシナ合板の二層構造となっているものは 5 施設中 4 施設であった。これらのことから、内壁材の材質は密度が小さいラワン合板で代表させた。内装材の密度を 0.45 g cm^{-3} 、厚さを二層の厚さの平均値である 1.4 cm とした。

● 床板

床板は 14 施設中 8 施設で木材フローリングが使用されており、14 施設中で最も多い。木材フローリング厚さの算術平均は 1.5 cm、密度は 0.38 g cm^{-3} であった。このことから、床材を厚さ 1.5 cm の木材フローリングとし、密度を 0.38 g cm^{-3} とした。

(2) 解析結果

① 木造戸建て住宅

A. 二階建て

二階建て木造住宅の間取り図を図 4.10 に示す。壁材の違いとして、各外装材と内装材の組み合わせにおけるクラウドシャインとグラウンドシャインに対する視点 1-1 と視点 2-1 上の外部被ばく低減係数を図 4.11 と図 4.12 に示す。視点 1-1 上と視点 2-1 上の外部被ばく低減係数の最小値、最大値、及び算術平均値を表 4.16 と表 4.17 に示す。なお、建屋全体に対する外部被ばく低減係数の算術平均値、最大値、最小値は 4.1.3 に記載した。

各階における外部被ばく低減係数の分布は、平成 27 年度の解析結果と同じ傾向であった。クラウドシャインの場合、各階ともに被ばく低減係数の位置による大きな違いは見られなかった。また、一階と二階との外部被ばく低減係数の大小関係を比較すると、二階の外部被ばく低減係数が大きい傾向であった。二階では屋根と天井の遮へい効果が一階と比較して小さいことと、二階より下の部分（一階部の高さ）に存在する放射性物質からの寄与があるためである。グラウンドシャインの場合、家屋下に放射性物質が存在しないときに、部屋の中央付近ほど外部被ばく低減係数が小さくなる。

クラウドシャインとグラウンドシャインの両方において、最も外部被ばく低減係数の大きい外装材は木製サイディング材と金属サイディング材であり、視点 1-1 上の算術平均値は Cs-137 のクラウドシャインの場合に約 0.80、Cs-137 のグラウンドシャインの場合に約 0.55 であった。視点 2-1 上の算術平均値は Cs-137 のクラウドシャインの場合に約 0.90、グラウンドシャインの場合に約 0.54 であった。

窯業系サイディング材、モルタル、軽量気泡コンクリート、セラミックタイル、漆喰に対する外部被ばく低減係数の差はほとんどなく、視点 1-1 上の算術平均値は Cs-137 のクラウドシャイン

の場合に約 0.75、Cs-137 のグラウンドシャインの場合に約 0.51 であった。視点 2-1 上の算術平均値は Cs-137 のクラウドシャインの場合に約 0.86、Cs-137 のグラウンドシャインの場合に約 0.50 であった。

最も外部被ばく低減係数が小さいのは土壁のケースであり、視点 1-1 上の算術平均値は Cs-137 のクラウドシャインの場合に 0.62、Cs-137 のグラウンドシャインの場合に 0.40 であった。視点 2-1 上の算術平均値は Cs-137 のクラウドシャインの場合に 0.76、Cs-137 のグラウンドシャインの場合に 0.39 であった。ただし、遮へい効果の小さい窓付近になると他の壁材との差は小さい。

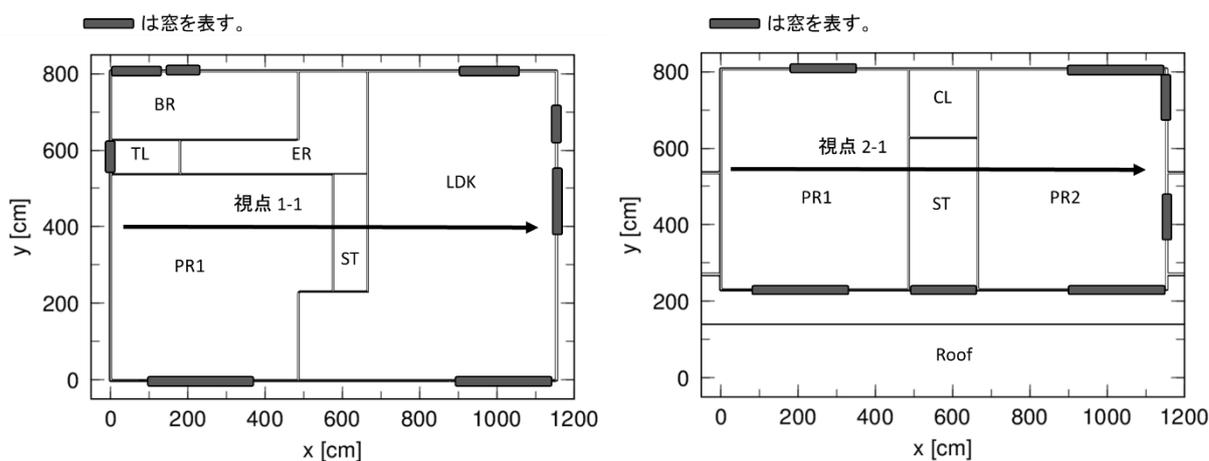


図 4.10 二階建て木造住宅の間取り図 (左: 1階、右: 2階)

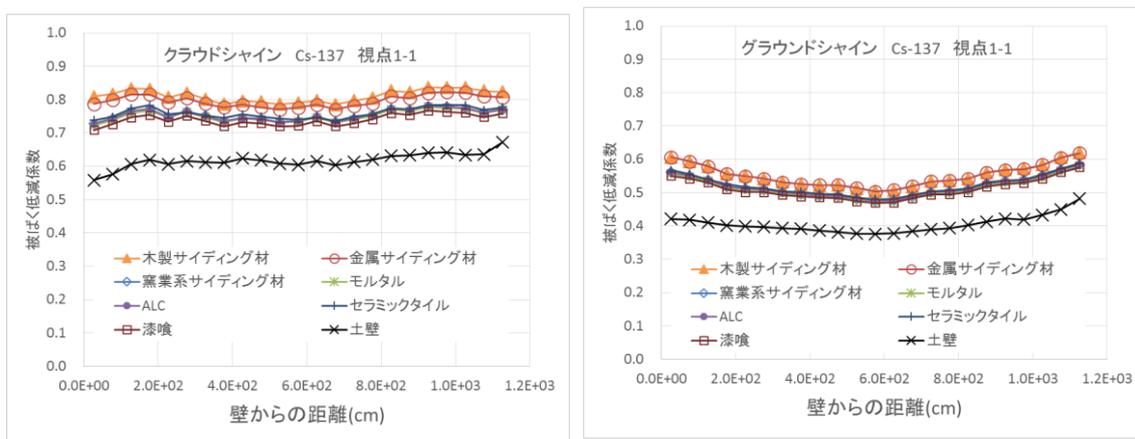


図 4.11 視点 1-1 上における Cs-137 の外部被ばく低減係数 (左: クラウドシャイン 右: グラウンドシャイン)

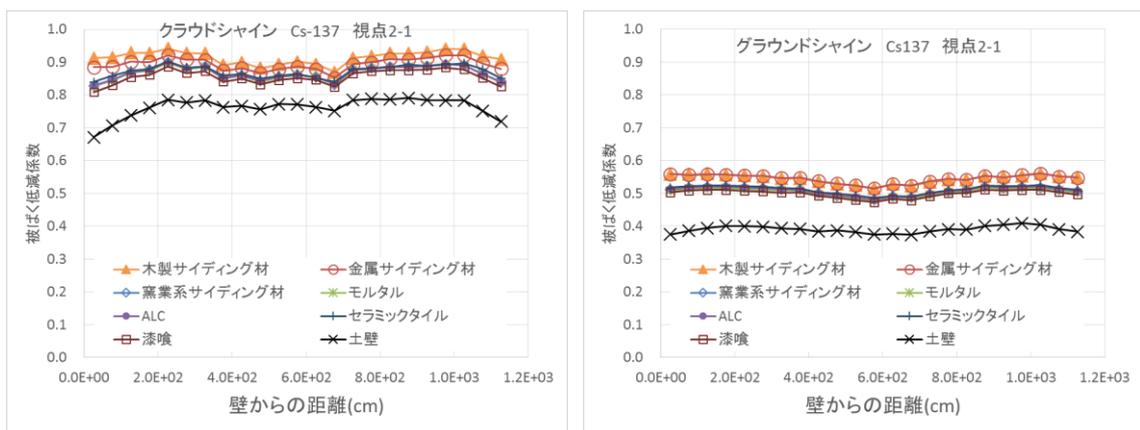


図 4.12 視点 2-1 上における Cs-137 の被ばく低減係数
(左：クラウドシャイン 右：グラウンドシャイン)

表 4.16 二階建て木造住宅 視点 1-1 上の被ばく低減係数の算術平均値、最小値、及び最大値

	最小値					算術平均値					最大値				
	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン
	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137
木製サイディング材	0.76	0.78	0.81	0.82	0.50	0.79	0.81	0.84	0.87	0.55	0.83	0.84	0.87	0.89	0.62
金属サイディング材	0.74	0.77	0.80	0.81	0.50	0.77	0.80	0.84	0.86	0.55	0.80	0.82	0.86	0.89	0.62
窯業系サイディング材	0.69	0.73	0.77	0.79	0.48	0.72	0.75	0.80	0.82	0.52	0.75	0.78	0.82	0.85	0.58
モルタル	0.69	0.72	0.77	0.79	0.47	0.72	0.75	0.79	0.82	0.51	0.75	0.78	0.82	0.85	0.58
ALC	0.69	0.73	0.77	0.79	0.48	0.72	0.75	0.80	0.83	0.52	0.75	0.78	0.82	0.86	0.58
セラミックタイル	0.71	0.74	0.76	0.79	0.48	0.73	0.76	0.79	0.83	0.52	0.76	0.78	0.82	0.86	0.59
漆喰	0.67	0.71	0.75	0.78	0.47	0.70	0.74	0.79	0.82	0.51	0.73	0.77	0.81	0.85	0.58
土壁	0.52	0.56	0.60	0.65	0.38	0.58	0.62	0.67	0.71	0.40	0.64	0.67	0.71	0.76	0.48

表 4.17 二階建て木造住宅 視点 2-1 上の被ばく低減係数の算術平均値、最小値、及び最大値

	最小値					算術平均値					最大値				
	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン
	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137
木製サイディング材	0.87	0.87	0.90	0.92	0.52	0.92	0.91	0.93	0.95	0.54	0.94	0.94	0.96	0.97	0.56
金属サイディング材	0.85	0.85	0.89	0.91	0.52	0.88	0.89	0.92	0.94	0.54	0.90	0.92	0.95	0.96	0.56
窯業系サイディング材	0.81	0.83	0.87	0.88	0.48	0.85	0.87	0.90	0.92	0.51	0.87	0.90	0.92	0.94	0.52
モルタル	0.81	0.83	0.86	0.87	0.48	0.85	0.87	0.90	0.92	0.50	0.87	0.90	0.92	0.94	0.52
ALC	0.81	0.83	0.87	0.88	0.48	0.85	0.87	0.90	0.92	0.51	0.87	0.90	0.92	0.94	0.52
セラミックタイル	0.83	0.84	0.86	0.89	0.49	0.86	0.87	0.89	0.92	0.51	0.88	0.90	0.92	0.94	0.53
漆喰	0.79	0.81	0.85	0.87	0.47	0.83	0.86	0.89	0.91	0.50	0.85	0.89	0.91	0.93	0.51
土壁	0.65	0.67	0.71	0.74	0.37	0.73	0.76	0.80	0.83	0.39	0.75	0.79	0.83	0.86	0.41

B. 平屋建て

間取り図は二階建て木造住宅の一階（図 4.10）と同じである。各外装材と内装材の組み合わせにおけるクラウドシャイン、グラウンドシャインに対する視点 1-1 上の外部被ばく低減係数を図 4.13 に示す。視点 1-1 上の外部被ばく低減係数の最小値、最大値、及び算術平均値を表 4.18 に示す。なお、建屋全体に対する算術平均値、最大値、最小値は 4.1.3 に記載した。

平屋建て木造住宅の外部被ばく低減係数の分布の傾向は、二階建て住宅における一階の解析結果とほぼ同等である。クラウドシャインの外部被ばく低減係数は天井方向の遮へい効果が小さくなる分、二階建て住宅の一階の解析結果と比較するとわずかに大きい。一方、グラウンドシャインに関しては二階建て住宅とほとんど差が見られなかった。

クラウドシャインとグラウンドシャインの両方において、最も外部被ばく低減係数の大きい外装材は木製サイディング材と金属サイディング材であり、視点 1-1 上の算術平均値は Cs-137 のクラウドシャインの場合に約 0.83 であり、Cs-137 のグラウンドシャインの場合に約 0.54 であった。

二階建て木造住宅と同様に、窯業系サイディング材、モルタル、ALC、セラミックタイル、及び漆喰に対する被ばく低減係数の差はほとんどなく、視点 1-1 上の算術平均値は Cs-137 のクラウドシャインの場合に約 0.80、Cs-137 のグラウンドシャインの場合に約 0.50 であった。

最も被ばく低減係数が小さいのは土壁であり、視点 1-1 上の算術平均値は Cs-137 のクラウドシャインの場合に 0.73、Cs-137 のグラウンドシャインの場合に 0.40 であった。

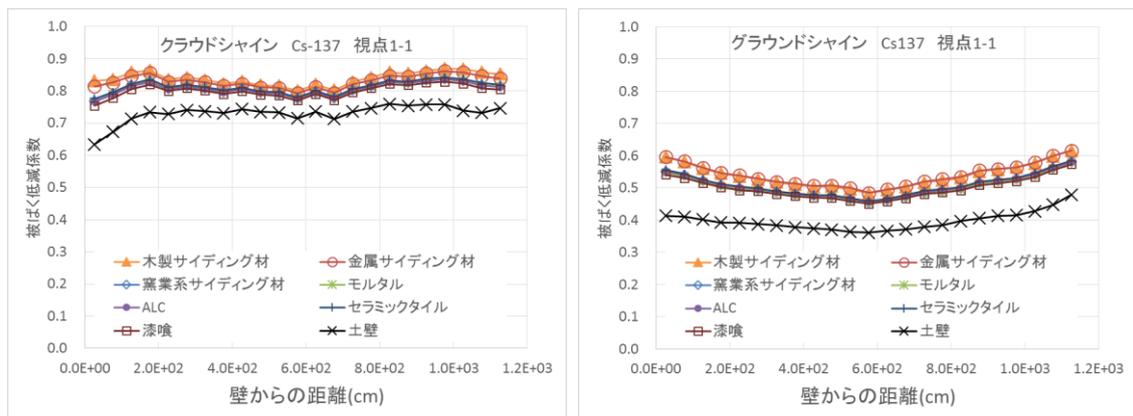


図 4.13 平屋建て木造住宅 視点 1-1 上の外部被ばく低減係数
(左：クラウドシャイン 右：グラウンドシャイン)

表 4.18 平屋建て木造住宅 視点 1-1 上の被ばく低減係数の算術平均値、最小値、及び最大値

	最小値					算術平均値					最大値				
	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン
	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137
木製サイディング材	0.79	0.80	0.82	0.84	0.48	0.83	0.84	0.87	0.89	0.54	0.88	0.87	0.89	0.92	0.62
金属サイディング材	0.78	0.79	0.81	0.83	0.48	0.81	0.83	0.86	0.89	0.54	0.86	0.86	0.89	0.92	0.62
窯業系サイディング材	0.74	0.77	0.80	0.82	0.46	0.79	0.81	0.84	0.87	0.51	0.83	0.84	0.87	0.90	0.58
モルタル	0.74	0.77	0.80	0.82	0.45	0.79	0.81	0.84	0.87	0.50	0.83	0.84	0.86	0.90	0.58
ALC	0.74	0.77	0.80	0.82	0.46	0.78	0.81	0.84	0.87	0.51	0.83	0.84	0.86	0.90	0.58
セラミックタイル	0.75	0.78	0.80	0.82	0.46	0.79	0.81	0.85	0.87	0.51	0.84	0.84	0.87	0.90	0.58
漆喰	0.73	0.75	0.79	0.82	0.45	0.78	0.80	0.84	0.86	0.50	0.82	0.83	0.86	0.89	0.57
土壁	0.61	0.63	0.68	0.71	0.36	0.70	0.73	0.77	0.80	0.40	0.75	0.76	0.80	0.84	0.48

C. 屋根と壁面汚染の影響

屋根と壁面汚染の影響を、昨年度の検討に基づいて a. 屋根 100%、壁 10%、b. 屋根 100%、壁 1%、c. 屋根 50%、壁 10%（ここでパーセント表示は地面上濃度との割合を示している。）の汚染を想定した場合の解析を実施した。表 4.19 に、汚染を想定しない場合と上記の汚染を想定した場合の視点 1-1 上及び視点 2-1 上の被ばく低減係数の算術平均値を示す。

最も影響が大きいケースは a. 屋根 100%、壁 10%であり、屋根の影響を受けにくい木造住宅 2 階の 1 階部分では汚染を想定しない場合と比較して 3 割程度の低減係数の増加であった。2 階部分と平屋建て住宅の 1 階の部分では 4 割以上の増加を示したケースもある。

2 階建て住宅の 1 階と 2 階の比較では、汚染を想定しない場合では低減係数は 1 階でわずかに大きい、このような汚染を想定した場合には屋根汚染の影響を受けるため、2 階の低減係数のほうが大きい結果となった。

表 4.19 木造住宅 屋根と壁の汚染を考慮した場合の視点 1-1 及び視点 2-1 上の被ばく低減係数の算術平均値

	屋根汚染割合 (対土壌表面汚染濃度比)	0%	50%	100%	100%
	壁汚染割合 (対土壌表面汚染濃度比)	0%	10%	1%	10%
2階建て木造住宅1階	木製サイディング材	0.55	0.65	0.69	0.71
	金属サイディング材	0.55	0.65	0.69	0.71
	窯業系サイディング材	0.52	0.61	0.65	0.67
	モルタル	0.51	0.60	0.65	0.67
	ALC	0.52	0.61	0.65	0.67
	セラミックタイル	0.52	0.61	0.66	0.68
	漆喰	0.51	0.60	0.64	0.66
	土壁	0.40	0.48	0.53	0.54
2階建て木造住宅2階	木製サイディング材	0.54	0.68	0.77	0.79
	金属サイディング材	0.54	0.69	0.77	0.79
	窯業系サイディング材	0.51	0.64	0.73	0.75
	モルタル	0.50	0.64	0.72	0.75
	ALC	0.51	0.64	0.73	0.75
	セラミックタイル	0.51	0.65	0.73	0.75
	漆喰	0.50	0.63	0.72	0.74
	土壁	0.39	0.51	0.59	0.61
平屋建て木造住宅1階	木製サイディング材	0.54	0.65	0.71	0.73
	金属サイディング材	0.54	0.65	0.72	0.73
	窯業系サイディング材	0.51	0.61	0.68	0.69
	モルタル	0.50	0.61	0.68	0.69
	ALC	0.51	0.61	0.68	0.70
	セラミックタイル	0.51	0.61	0.68	0.70
	漆喰	0.50	0.60	0.67	0.69
	土壁	0.40	0.50	0.57	0.58

② 鉄骨造戸建て住宅

A. 二階建て鉄骨造住宅

二階建て鉄骨造住宅の間取り図を図 4.14 に示す。各外装材と内装材の組み合わせにおけるクラウドシャインとグラウンドシャインに対する視点 1-1 上と視点 2-2 上の外部被ばく低減係数を図 4.15 と図 4.16 に示す。視点 1-1 上と視点 2-1 上の外部被ばく低減係数の最小値、最大値、及び算術平均値を表 4.20 と表 4.21 に示す。なお、建屋全体に対する算術平均値、最大値、最小値は 4.1.3 に記載した。

各階における外部被ばく低減係数の分布は、木造住宅と同じ傾向であった。クラウドシャインの場合、各階ともに中央付近では僅かに低減係数が小さい傾向であり、窓付近で僅かに上昇する。一階と二階の外部被ばく低減係数の大小関係を比較すると、木造住宅と同様に二階の外部被ばく低減係数が大きい。グラウンドシャインの場合、木造住宅と同様に部屋の中央付近ほど外部被ばく低減係数が小さい傾向である。

クラウドシャインとグラウンドシャインの両方において、最も外部被ばく低減係数の大きい外装材は金属サイディング材であり、視点 1-1 上の算術平均値は Cs-137 のクラウドシャインの場合に 0.72、Cs-137 のグラウンドシャインの場合に 0.52 であった。視点 2-1 上の算術平均値は Cs-137 のクラウドシャインの場合に 0.83、Cs-137 のグラウンドシャインの場合に 0.53 であった。窯業系サイディング材、モルタル、セラミックタイル、及び ALC に対する外部被ばく低減係数の差はほとんどなく、視点 1-1 上の算術平均値は Cs-137 のクラウドシャインの場合に約 0.67、Cs-137 のグラウンドシャインの場合に約 0.48 であった。視点 2-1 上の算術平均値は Cs-137 のクラウドシャインの場合に約 0.79、Cs-137 のグラウンドシャインの場合に約 0.49 であった。

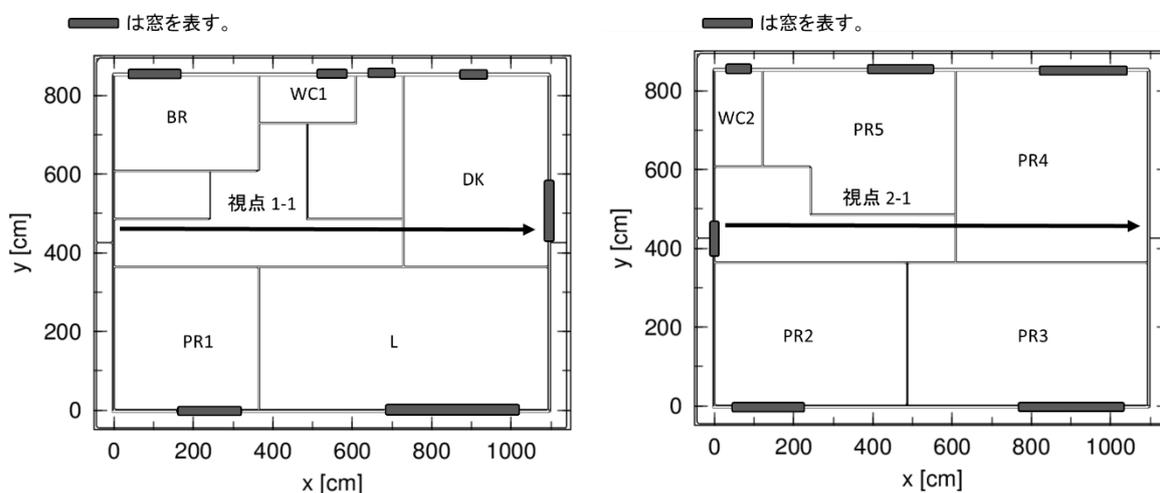


図 4.14 二階建て鉄骨造住宅の間取り図 (左:1階、右:2階)

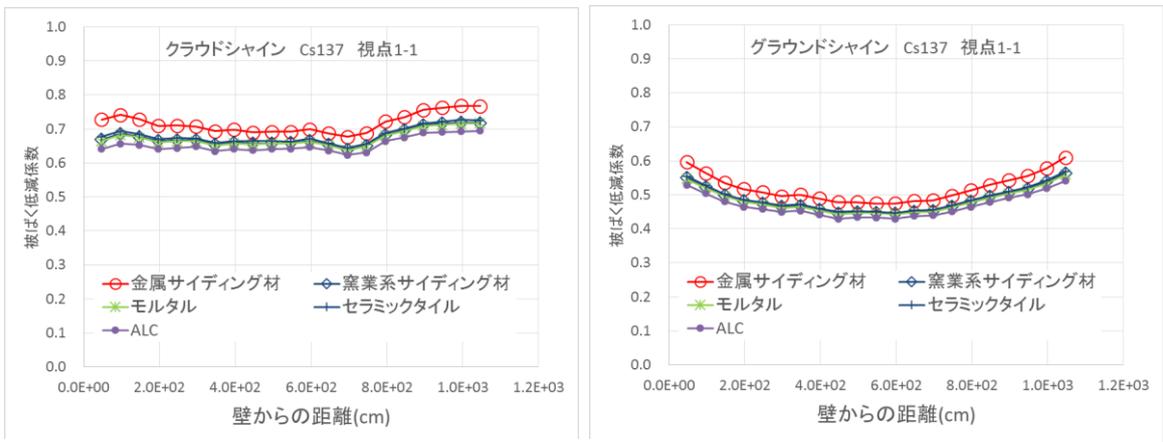


図 4.15 二階建て鉄骨造住宅 視点 1-1 上における Cs-137 の被ばく低減係数
(左：クラウドシャイン 右：グラウンドシャイン)

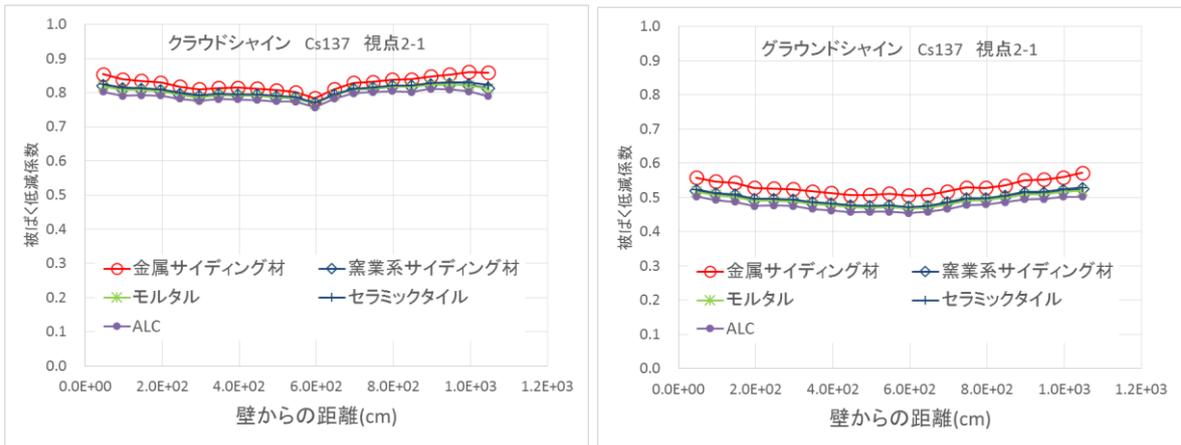


図 4.16 二階建て鉄骨造住宅 視点 2-1 上における Cs-137 の被ばく低減係数
(左図：クラウドシャイン 右図：グラウンドシャイン)

表 4.20 二階建て鉄骨造住宅 視点 1-1 上の被ばく低減係数の算術平均値、最小値、及び最大値

	最小値					算術平均値					最大値				
	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン
	400keV	Cs137	1000keV	1500keV	Cs137	400keV	Cs137	1000keV	1500keV	Cs137	400keV	Cs137	1000keV	1500keV	Cs137
金属サイディング材	0.63	0.68	0.73	0.77	0.47	0.67	0.72	0.76	0.80	0.52	0.74	0.77	0.81	0.85	0.61
窯業系サイディング材	0.59	0.64	0.71	0.74	0.45	0.62	0.67	0.73	0.77	0.48	0.69	0.72	0.77	0.80	0.56
モルタル	0.59	0.64	0.70	0.73	0.44	0.62	0.67	0.72	0.76	0.48	0.68	0.72	0.76	0.80	0.56
セラミックタイル	0.60	0.64	0.71	0.74	0.45	0.63	0.68	0.73	0.77	0.49	0.69	0.73	0.77	0.81	0.57
ALC	0.57	0.62	0.69	0.72	0.43	0.60	0.65	0.71	0.75	0.47	0.65	0.69	0.74	0.78	0.54

表 4.21 二階建て鉄骨造住宅 視点 2-1 上の被ばく低減係数の算術平均値、最小値、及び最大値

	最小値					算術平均値					最大値				
	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン
	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137
金属サイディング材	0.73	0.78	0.81	0.86	0.51	0.80	0.83	0.87	0.89	0.53	0.83	0.86	0.90	0.92	0.57
窯業系サイディング材	0.72	0.77	0.80	0.84	0.47	0.77	0.80	0.84	0.87	0.49	0.80	0.82	0.88	0.90	0.52
モルタル	0.71	0.77	0.80	0.84	0.47	0.77	0.80	0.84	0.87	0.49	0.80	0.82	0.88	0.90	0.52
セラミックタイル	0.72	0.77	0.80	0.85	0.47	0.78	0.81	0.85	0.87	0.50	0.81	0.83	0.88	0.90	0.53
ALC	0.70	0.76	0.79	0.83	0.45	0.75	0.79	0.83	0.86	0.48	0.78	0.81	0.86	0.88	0.50

B. 平屋建て鉄骨造住宅

間取り図は二階建て鉄骨造住宅の一階（図 4.14）と同じである。各外装材と内装材の組み合わせにおけるクラウドシャイン、グラウンドシャインに対する視点 1-1 上の外部被ばく低減係を図 4.17 に示す。各外装材に対する視点 1-1 上の被ばく低減係数の最小値、算術平均値、及び最大値を表 4.22 に示す。なお、建屋全体に対する算術平均値、最大値、最小値は 4.1.3 に記載した。

平屋建て鉄骨造住宅の外部被ばく低減係数の分布の傾向は、二階建て鉄骨造住宅における一階の解析結果とほぼ同等である。クラウドシャインの外部被ばく低減係数は天井方向の遮へい効果が小さくなる分、二階建て住宅の一階の解析結果と比較するとわずかに大きい。一方、グラウンドシャインに関しては二階建て住宅とほとんど差が見られなかった。

クラウドシャインとグラウンドシャインの両方において、最も外部被ばく低減係数の大きい外装材は金属サイディング材であり、視点 1-1 上の算術平均値は Cs-137 のクラウドシャインの場合に 0.77 であり、Cs-137 のグラウンドシャインの場合に 0.52 であった。

窯業系サイディング材、モルタル、セラミックタイル、ALC に対する被ばく低減係数の違いはほとんどなく、Cs-137 のクラウドシャインの場合の算術平均値は約 0.74、Cs-137 のグラウンドシャインの場合に約 0.47 であった。

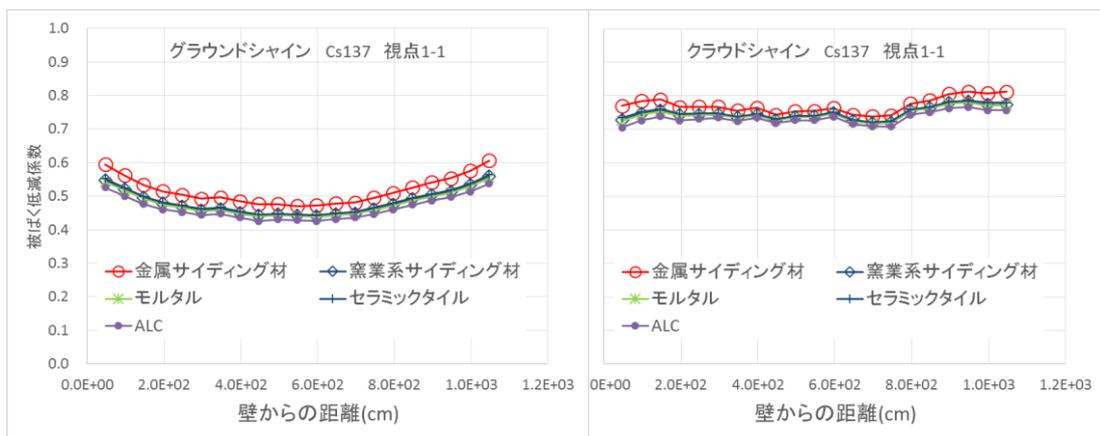


図 4.17 平屋建て鉄骨造住宅 視点 1-1 上における Cs-137 の被ばく低減係数 (左：クラウドシャイン 右：グラウンドシャイン)

表 4.22 平屋建て鉄骨造住宅 視点 1-1 上の被ばく低減係数の算術平均値、最小値、及び最大値

	最小値					算術平均値					最大値				
	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン
	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137
金属サイディング材	0.69	0.74	0.79	0.81	0.47	0.73	0.77	0.82	0.84	0.52	0.80	0.81	0.85	0.88	0.61
窯業系サイディング材	0.67	0.72	0.77	0.80	0.44	0.71	0.75	0.79	0.82	0.48	0.76	0.78	0.82	0.85	0.56
モルタル	0.67	0.72	0.77	0.80	0.44	0.71	0.75	0.79	0.82	0.48	0.76	0.78	0.82	0.85	0.55
セラミックタイル	0.67	0.72	0.77	0.80	0.44	0.71	0.75	0.80	0.83	0.48	0.77	0.79	0.83	0.86	0.56
ALC	0.65	0.70	0.75	0.79	0.43	0.69	0.73	0.78	0.81	0.46	0.74	0.77	0.81	0.84	0.54

C. 壁面汚染の影響

屋根と壁面汚染の影響を、木造住宅と同様に昨年度の検討に基づいて a. 屋根 100%、壁 10%、b. 屋根 100%、壁 1%、c. 屋根 50%、壁 10%の汚染を想定した場合の解析を実施した。表 4.23 に、汚染を想定しない場合と上記の汚染を想定した場合の視点 1-1 上及び視点 2-1 上の被ばく低減係数の算術平均値を示す。

最も影響が大きいケースは a. 屋根 100%、壁 10%であり、屋根の影響を受けにくい鉄骨造住宅 2 階の 1 階部分では、汚染を想定しない場合と比較して 2 割程度の低減係数の増加であった。2 階部分と平屋建て住宅の 1 階の部分では 3 割以上の増加を示した。

2 階建て住宅の 1 階と 2 階の比較では、傾向は木造住宅と同じであり、汚染を想定しない場合に被ばく低減係数は 1 階のほうがわずかに大きいですが、このような汚染を想定した場合には屋根汚染の影響を受けるため、2 階の低減係数のほうが大きい結果となった。

表 4.23 鉄骨造住宅 屋根と壁の汚染を考慮した場合の視点 1-1 及び視点 2-1 上の被ばく低減係数の算術平均値

	屋根汚染割合 (対土壌表面汚染濃度比)	0%	50%	100%	100%
	壁汚染割合 (対土壌表面汚染濃度比)	0%	10%	1%	10%
2階建て鉄骨造住宅1階	金属サイディング材	0.52	0.58	0.59	0.61
	窯業系サイディング材	0.48	0.54	0.55	0.58
	モルタル	0.48	0.54	0.55	0.57
	セラミックタイル	0.49	0.54	0.56	0.58
	ALC	0.47	0.52	0.54	0.56
2階建て鉄骨造住宅2階	金属サイディング材	0.53	0.63	0.69	0.71
	窯業系サイディング材	0.49	0.60	0.65	0.67
	モルタル	0.49	0.59	0.65	0.67
	セラミックタイル	0.50	0.60	0.66	0.68
	ALC	0.48	0.58	0.64	0.66
平屋建て鉄骨造住宅1階	金属サイディング材	0.52	0.61	0.67	0.68
	窯業系サイディング材	0.48	0.57	0.63	0.64
	モルタル	0.48	0.57	0.63	0.64
	セラミックタイル	0.48	0.57	0.63	0.65
	ALC	0.46	0.55	0.61	0.63

③ 鉄筋コンクリート造戸建て住宅

A. 二階建て鉄筋コンクリート造戸建て住宅

二階建て鉄筋コンクリート造戸建て住宅の間取り図を図 4.18 に示す。視点 1-1 と視点 2-1 上における鉄筋コンクリート住宅の外部被ばく低減係数を図 4.19 に示す。視点 1-1 と視点 2-1 上の被ばく低減係数の最小値、算術平均値、及び最大値を表 4.24 に示す。木造住宅や鉄骨造住宅と比較して厚さ密度が大きいいため、各階の外部被ばく低減係数は小さい。クラウドシャインとグラウンドシャインを比較すると、視点 1-1 上では、鉄筋コンクリート住宅では外壁に加えて天井の遮へい効果も大きいいため、木造と鉄骨造住宅で見られたような被ばく低減係数の差はあまり見られなかった。視点 1-1 上の算術平均値は、Cs-137 のクラウドシャイン場合に 0.11、Cs-137 のグラウンドシャインの場合に 0.13 であった。視点 2-1 上では、Cs-137 のクラウドシャインの場合に 0.22、Cs-137 のグラウンドシャインの場合に 0.09 であった。

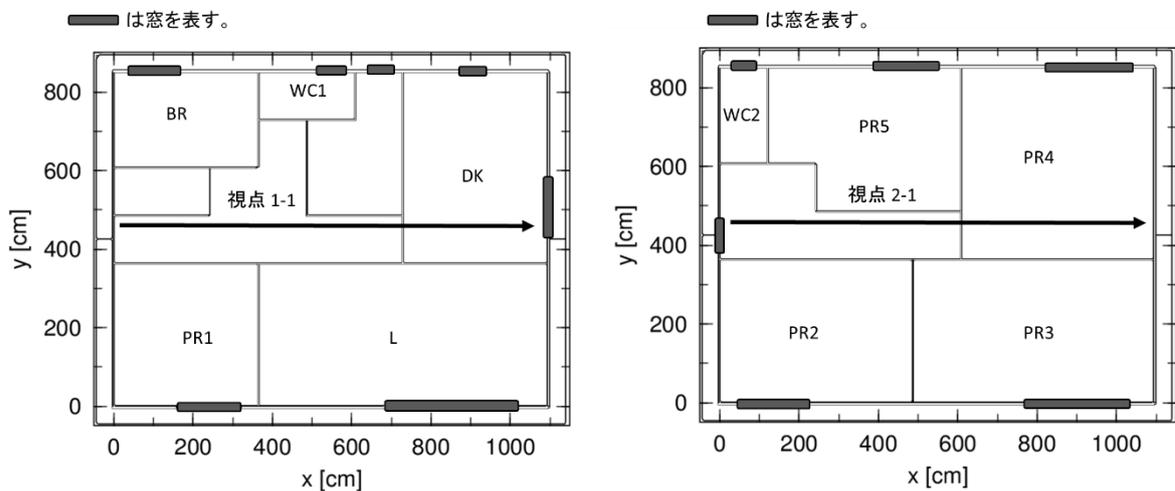


図 4.18 二階建て鉄筋コンクリート住宅の間取り図 (左:1階、右:2階)

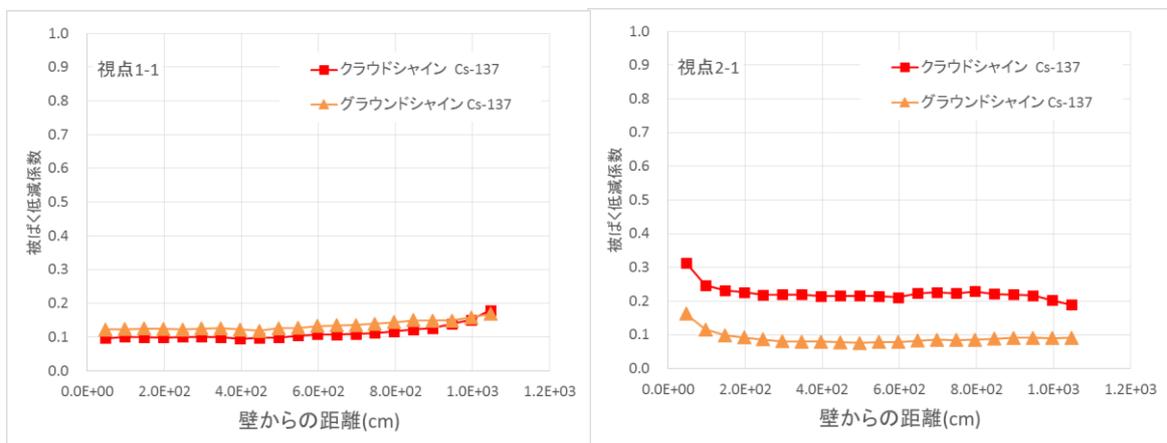


図 4.19 二階建て鉄筋コンクリート住宅 Cs-137 の被ばく低減係数 (左:1階 右:2階)

表 4.24 鉄筋コンクリート造住宅 視点 1-1 及び視点 2-1 上の被ばく低減係数の算術平均値、最小値、及び最大値

			最小値	平均値	最大値
視点 1-1	クラウドシャイン	400kev	0.06	0.08	0.13
		Cs137	0.10	0.11	0.18
		1000kev	0.13	0.15	0.21
		1500kev	0.17	0.19	0.26
	グラウンドシャイン	Cs137	0.12	0.13	0.17
視点 2-1	クラウドシャイン	400kev	0.14	0.17	0.29
		Cs137	0.19	0.22	0.31
		1000kev	0.23	0.28	0.36
		1500kev	0.29	0.34	0.40
	グラウンドシャイン	Cs137	0.08	0.09	0.16

B. 壁面汚染の影響

屋根と壁面汚染の影響を、木造住宅と鉄骨造住宅と同様に a. 屋根 100%、壁 10%、b. 屋根 100%、壁 1%、c. 屋根 50%、壁 10%の汚染を想定した場合の解析を実施した。表 4.25 に汚染を想定しない場合と上記の汚染を想定した場合の視点 1-1 上及び視点 2-1 上の被ばく低減係数の算術平均値を示す。

鉄筋コンクリート造住宅の場合、木造住宅と鉄骨住宅とは異なり、汚染の影響を受けにくい結果であり、被ばく低減係数の増加は数%程度であった。

表 4.25 鉄筋コンクリート造住宅 屋根と壁の汚染を考慮した場合の視点 1-1 及び視点 2-1 上の被ばく低減係数の算術平均値

屋根汚染割合 (対土壌表面汚染濃度比)	0%	50%	100%	100%
壁汚染割合 (対土壌表面汚染濃度比)	0%	10%	1%	10%
2階建て鉄筋コンクリート造住宅1階	0.13	0.15	0.15	0.15
2階建て鉄筋コンクリート造住宅2階	0.09	0.12	0.15	0.15

④ 木造共同・長屋建て住宅

A. 二階建て

二階建て木造共同・長屋建て住宅の間取り図を図 4.20 に示す。各外装材と内装材の組み合わせにおけるクラウドシャインとグラウンドシャインに対する視点 1-1 と視点 2-1 上の外部被ばく低減係数を図 4.21 と図 4.22 に示す。視点 1-1 上と視点 2-1 上の外部被ばく低減係数の最小値、最大値、及び算術平均値を表 4.26 と表 4.27 に示す。なお、建屋全体に対する外部被ばく低減係数分布及び算術平均値、最大値、最小値は付録 5 に記載した。外部被ばく低減係数の分布は木造戸建て住宅と同様の傾向であり、低減係数の絶対値も大きな違いは見られなかった。

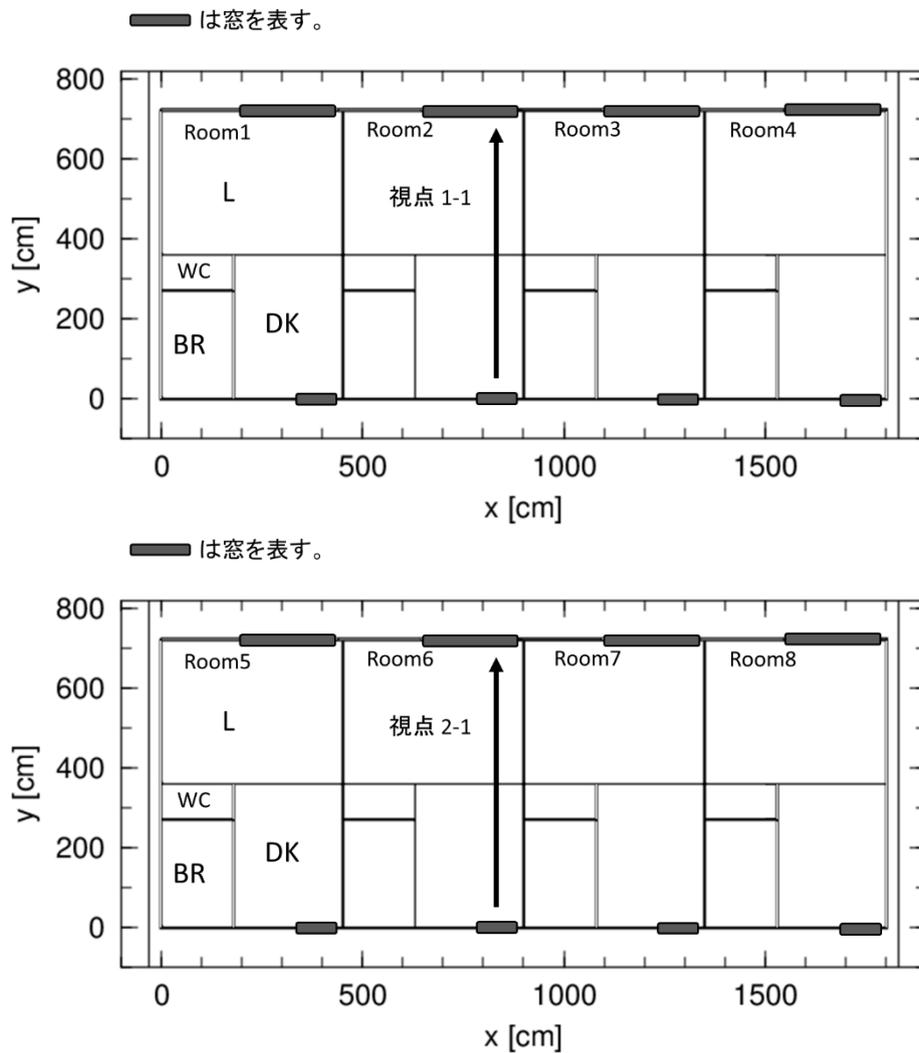


図 4.20 二階建て木造共同住宅の間取り図（上：1階、下：2階）

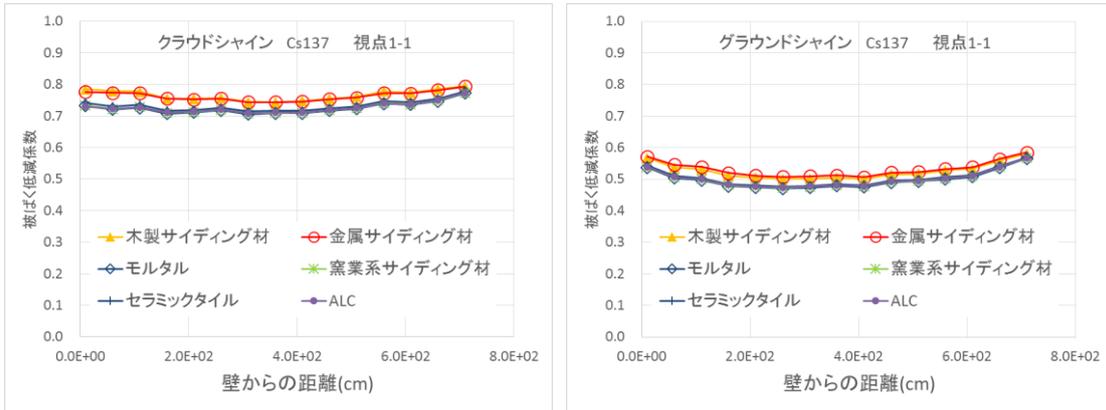


図 4.21 木造二階建て共同住宅 視点 1-1 上における Cs-137 の被ばく低減係数
(左：クラウドシャイン 右：グラウンドシャイン)

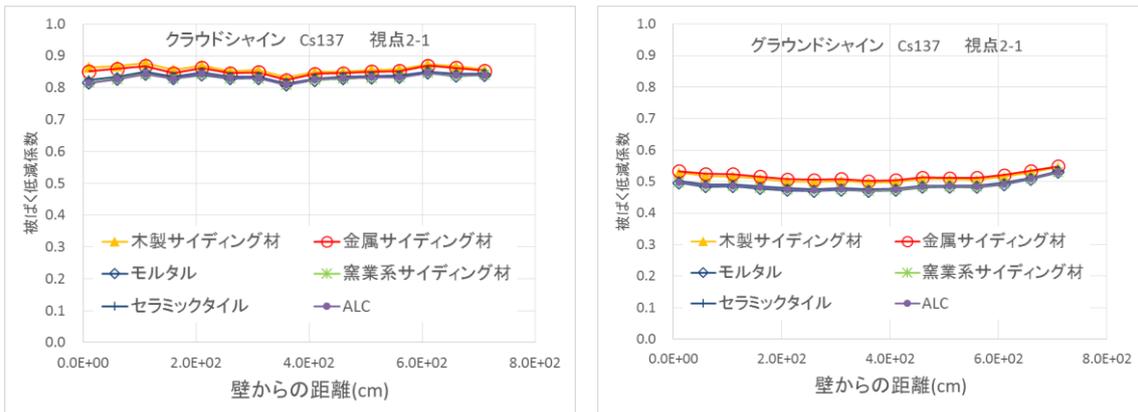


図 4.22 木造二階建て共同住宅 視点 2-1 上における Cs-137 の被ばく低減係数
(左図：クラウドシャイン 右図：グラウンドシャイン)

表 4.26 木造二階建て共同住宅 視点 1-1 上の被ばく低減係数の算術平均値、最小値、及び最大値

	最小値					算術平均値					最大値				
	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン
	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137
木製サイディング材	0.71	0.74	0.78	0.81	0.50	0.74	0.77	0.81	0.83	0.53	0.77	0.79	0.82	0.85	0.58
金属サイディング材	0.70	0.74	0.78	0.81	0.51	0.73	0.76	0.81	0.84	0.53	0.77	0.79	0.82	0.85	0.58
窯業系サイディング材	0.67	0.71	0.75	0.78	0.47	0.69	0.73	0.77	0.80	0.50	0.74	0.77	0.80	0.83	0.57
モルタル	0.66	0.71	0.75	0.78	0.47	0.69	0.72	0.77	0.80	0.50	0.74	0.77	0.80	0.83	0.57
セラミックタイル	0.67	0.71	0.75	0.78	0.48	0.70	0.73	0.78	0.81	0.50	0.75	0.78	0.80	0.83	0.57
ALC	0.67	0.71	0.75	0.78	0.47	0.69	0.73	0.77	0.80	0.50	0.74	0.77	0.80	0.83	0.57

表 4.27 木造二階建て共同住宅 視点 2-1 上の被ばく低減係数の算術平均値、最小値、及び最大値

	最小値					算術平均値					最大値				
	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン
	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137
木製サイディング材	0.82	0.83	0.85	0.87	0.50	0.84	0.86	0.89	0.90	0.51	0.85	0.88	0.91	0.92	0.55
金属サイディング材	0.80	0.82	0.85	0.87	0.50	0.83	0.85	0.88	0.90	0.52	0.84	0.87	0.90	0.92	0.55
窯業系サイディング材	0.78	0.81	0.84	0.86	0.47	0.81	0.83	0.86	0.89	0.49	0.82	0.85	0.88	0.90	0.53
モルタル	0.78	0.81	0.84	0.86	0.47	0.81	0.83	0.86	0.88	0.48	0.82	0.85	0.88	0.90	0.53
セラミックタイル	0.78	0.81	0.84	0.86	0.47	0.81	0.83	0.86	0.89	0.49	0.82	0.85	0.88	0.90	0.53
ALC	0.79	0.81	0.84	0.86	0.47	0.81	0.84	0.87	0.89	0.49	0.83	0.85	0.88	0.90	0.53

B. 平屋建て

間取り図は二階建て共同住宅の一階部分(図 4.20)と同じである。各外装材と内装材の組み合わせにおけるクラウドシャイン、グラウンドシャインに対する視点 1-1 上の外部被ばく低減係数を図 4.23 に示す。視点 1-1 上の外部被ばく低減係数の最小値、最大値、及び算術平均値を表 4.28 に示す。なお、建屋全体に対する外部被ばく低減係数分布及び算術平均値、最大値、最小値は付録 5 に記載した。外部被ばく低減係数の分布は木造戸建て住宅と同様の傾向であり、低減係数の絶対値も大きな違いは見られなかった。

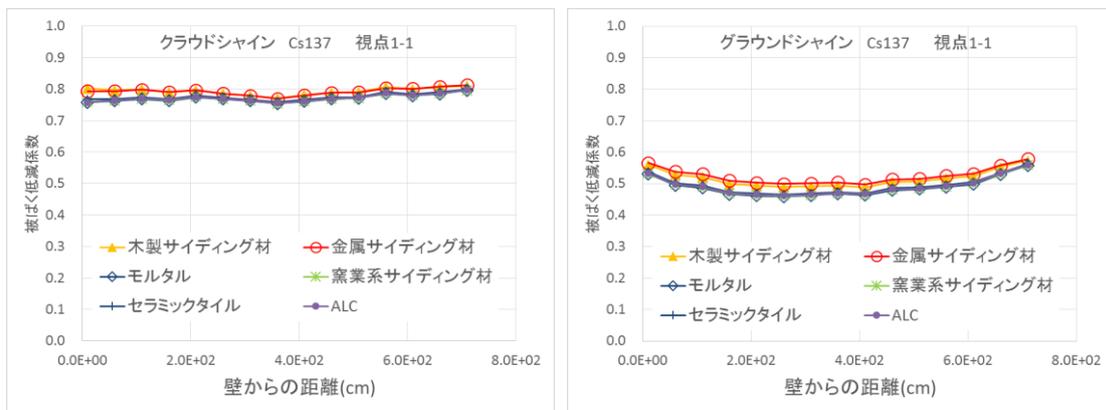


図 4.23 木造平屋建て共同住宅 視点 1-1 上における Cs-137 の被ばく低減係数
(左：クラウドシャイン 右：グラウンドシャイン)

表 4.28 木造平屋建て共同住宅 視点 1-1 上の被ばく低減係数の算術平均値、最小値、及び最大値

	最小値					算術平均値					最大値				
	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン
	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137
木製サイディング材	0.73	0.77	0.81	0.83	0.49	0.77	0.79	0.83	0.86	0.52	0.78	0.81	0.84	0.87	0.57
金属サイディング材	0.73	0.77	0.81	0.83	0.50	0.76	0.79	0.83	0.86	0.52	0.78	0.81	0.85	0.87	0.58
窯業系サイディング材	0.71	0.75	0.80	0.82	0.46	0.74	0.77	0.81	0.84	0.49	0.76	0.80	0.83	0.86	0.56
モルタル	0.71	0.75	0.79	0.82	0.46	0.74	0.77	0.81	0.84	0.49	0.76	0.80	0.83	0.86	0.56
セラミックタイル	0.71	0.76	0.80	0.82	0.47	0.74	0.78	0.82	0.85	0.49	0.77	0.80	0.83	0.86	0.56
ALC	0.71	0.75	0.80	0.82	0.46	0.74	0.77	0.81	0.84	0.49	0.76	0.80	0.83	0.85	0.56

C. 壁面汚染の影響

戸建て住宅と同様に、屋根と壁面汚染の影響を、a. 屋根 100%、壁 10%、b. 屋根 100%、壁 1%、c. 屋根 50%、壁 10%の汚染を想定した場合の解析を実施した。表 4.29 に、汚染を想定しない場合と上記の汚染を想定した場合の視点 1-1 上及び視点 2-1 上の被ばく低減係数の算術平均値を示す。

最も影響が大きいケースは a. 屋根 100%、壁 10%のケースであり、屋根の影響を受けにくい木造住宅 2 階の 1 階部分では汚染を想定しない場合と比較して 3 割弱程度の低減係数の増加であった。2 階部分と平屋建て住宅の 1 階の部分では 4 割以上の増加を示した。

2 階建て住宅の 1 階と 2 階の比較では、汚染を想定しない場合では被ばく低減係数は 1 階でわずかに大きいですが、このような汚染を想定した場合には屋根汚染の影響を受けるため、2 階の低減係数のほうが大きい結果となった。これは他の木造戸建て住宅、鉄骨造戸建て住宅と同様である。

表 4.29 2 階建木造共同・長屋建て住宅 屋根と壁の汚染を考慮した場合の視点 1-1 及び視点 2-1 上の被ばく低減係数の算術平均値

	屋根汚染割合 (対土壌表面汚染濃度比)	0%	50%	100%	100%
	壁汚染割合 (対土壌表面汚染濃度比)	0%	10%	1%	10%
2階建て木造共同・長屋 建住宅1階	木製サイディング材	0.53	0.60	0.62	0.63
	金属サイディング材	0.53	0.61	0.62	0.63
	窯業系サイディング材	0.50	0.57	0.59	0.60
	モルタル	0.50	0.57	0.59	0.60
	セラミックタイル	0.50	0.58	0.60	0.60
	ALC	0.50	0.57	0.59	0.60
2階建て木造共同・長屋 建住宅2階	木製サイディング材	0.51	0.64	0.71	0.72
	金属サイディング材	0.52	0.65	0.72	0.73
	窯業系サイディング材	0.49	0.61	0.68	0.69
	モルタル	0.48	0.61	0.68	0.69
	セラミックタイル	0.49	0.62	0.69	0.69
	ALC	0.49	0.61	0.68	0.69
平屋建て木造共同・長屋 建住宅1階	木製サイディング材	0.52	0.64	0.73	0.75
	金属サイディング材	0.52	0.65	0.74	0.76
	窯業系サイディング材	0.49	0.62	0.70	0.72
	モルタル	0.49	0.61	0.70	0.72
	セラミックタイル	0.49	0.62	0.70	0.72
	ALC	0.49	0.62	0.70	0.72

⑤ 鉄骨造共同・長屋建て住宅

A. 二階建て

二階建て鉄骨造共同・長屋建て住宅の間取り図を図 4.24 に示す。各外装材と内装材の組み合わせにおけるクラウドシャインとグラウンドシャインに対する視点 1-1 と視点 2-1 上の外部被ばく低減係数を図 4.25 と図 4.26 に示す。視点 1-1 上と視点 2-1 上の外部被ばく低減係数の最小値、算術平均値、及び最大値を表 4.30 と表 4.31 に示す。なお、建屋全体に対する外部被ばく低減係数分布及び算術平均値、最大値、最小値は付録 5 に記載した。外部被ばく低減係数の分布は鉄骨造戸建て住宅と同様の傾向であり、低減係数の絶対値も大きな違いは見られなかった。

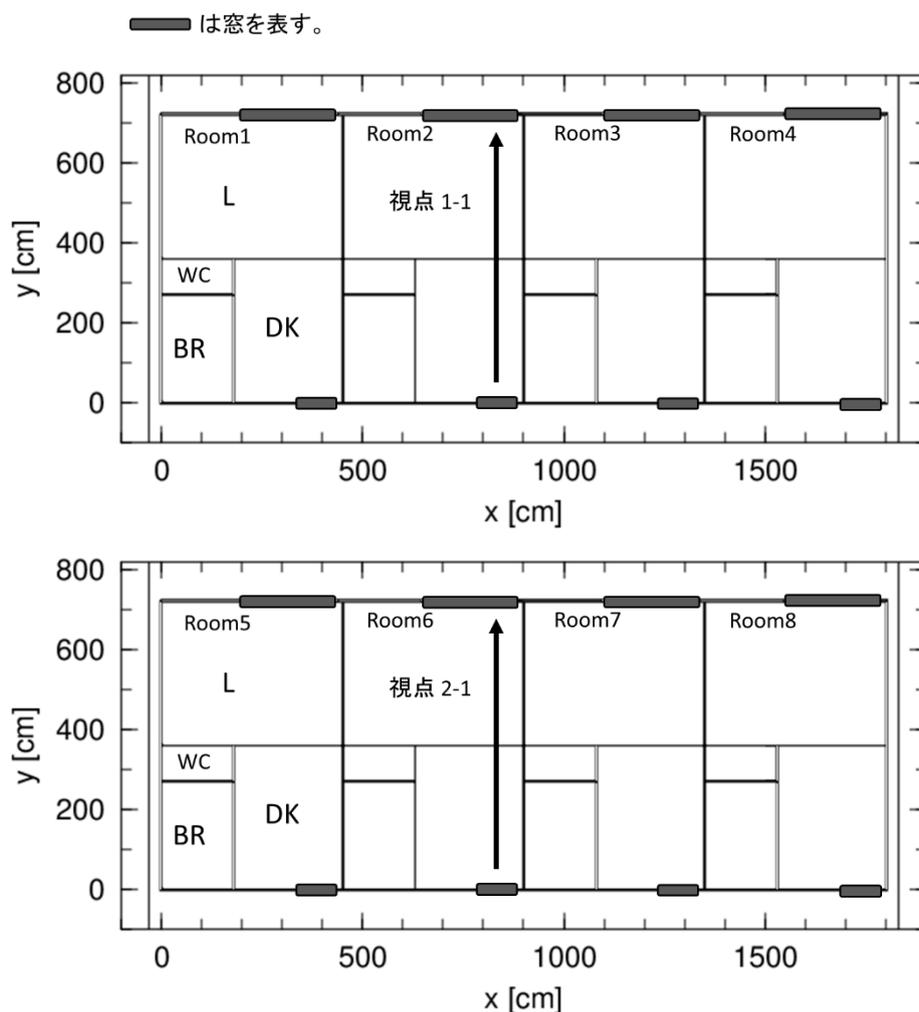


図 4.24 二階建て鉄骨造共同住宅の間取り図（上：1階、下：2階）

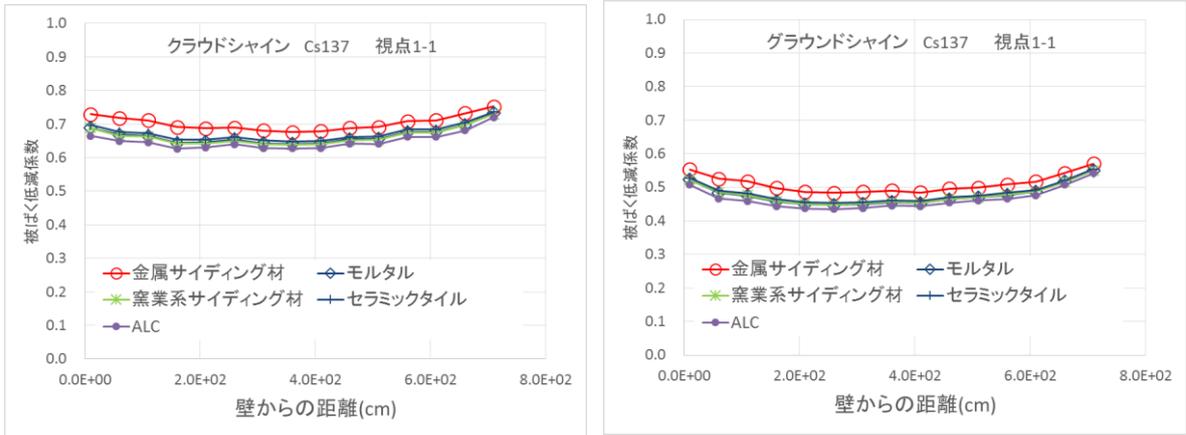


図 4.25 二階建て鉄骨造共同住宅 視点 1-1 上における Cs-137 の被ばく低減係数
(左：クラウドシャイン 右：グラウンドシャイン)

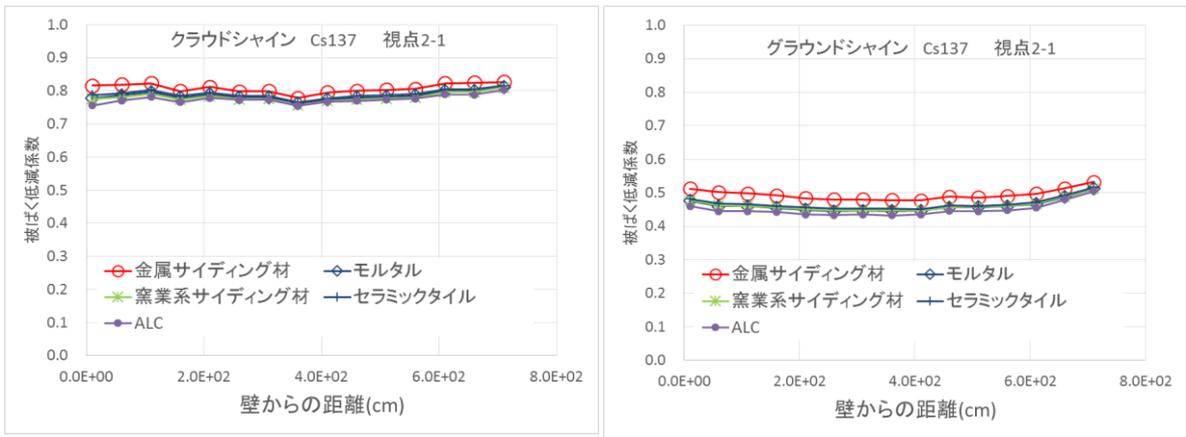


図 4.26 二階建て鉄骨造共同・長屋建て住宅 視点 2-1 上における Cs-137 の被ばく低減係数
(左：クラウドシャイン 右：グラウンドシャイン)

表 4.30 二階建て鉄骨造共同・長屋建て住宅 視点 1-1 上の被ばく低減係数の算術平均値、最小値、及び最大値

	最小値					算術平均値					最大値				
	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン
	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137
金属サイディング材	0.63	0.68	0.72	0.76	0.48	0.66	0.70	0.75	0.79	0.51	0.72	0.75	0.78	0.82	0.57
窯業系サイディング材	0.58	0.64	0.69	0.73	0.45	0.62	0.66	0.71	0.76	0.48	0.69	0.73	0.76	0.80	0.55
モルタル	0.59	0.64	0.69	0.73	0.45	0.62	0.67	0.72	0.76	0.48	0.70	0.73	0.76	0.80	0.55
セラミックタイル	0.59	0.65	0.70	0.73	0.45	0.63	0.67	0.72	0.76	0.48	0.70	0.74	0.77	0.80	0.55
ALC	0.57	0.63	0.68	0.72	0.43	0.60	0.65	0.70	0.74	0.47	0.68	0.72	0.75	0.79	0.54

表 4.31 二階建て鉄骨造共同住宅 視点 2-1 上の被ばく低減係数の算術平均値、最小値、及び最大値

	最小値					算術平均値					最大値				
	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン
	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137
金属サイディング材	0.75	0.78	0.81	0.84	0.48	0.77	0.81	0.84	0.87	0.49	0.80	0.83	0.86	0.89	0.55
窯業系サイディング材	0.72	0.76	0.79	0.82	0.45	0.74	0.78	0.82	0.85	0.46	0.78	0.81	0.84	0.87	0.54
モルタル	0.72	0.76	0.79	0.82	0.44	0.75	0.79	0.82	0.85	0.46	0.79	0.81	0.84	0.87	0.53
セラミックタイル	0.73	0.77	0.80	0.83	0.45	0.76	0.79	0.83	0.86	0.47	0.79	0.82	0.84	0.87	0.54
ALC	0.71	0.75	0.78	0.82	0.43	0.74	0.77	0.81	0.84	0.45	0.77	0.80	0.83	0.86	0.53

B. 平屋建て

間取り図は二階建て共同・長屋建て住宅の一階部分（図 4.24）と同じである。各外装材と内装材の組み合わせにおけるクラウドシャイン、グラウンドシャインに対する視点 1-1 上の外部被ばく低減係数を図 4.27 に示す。視点 1-1 上の外部被ばく低減係数の最小値、最大値、及び算術平均値を表 4.32 に示す。なお、建屋全体に対する外部被ばく低減係数分布及び算術平均値、最大値、最小値は付録 5 に記載した。外部被ばく低減係数の分布は鉄骨造戸建て住宅と同様の傾向であり、低減係数の絶対値も大きな違いは見られなかった。

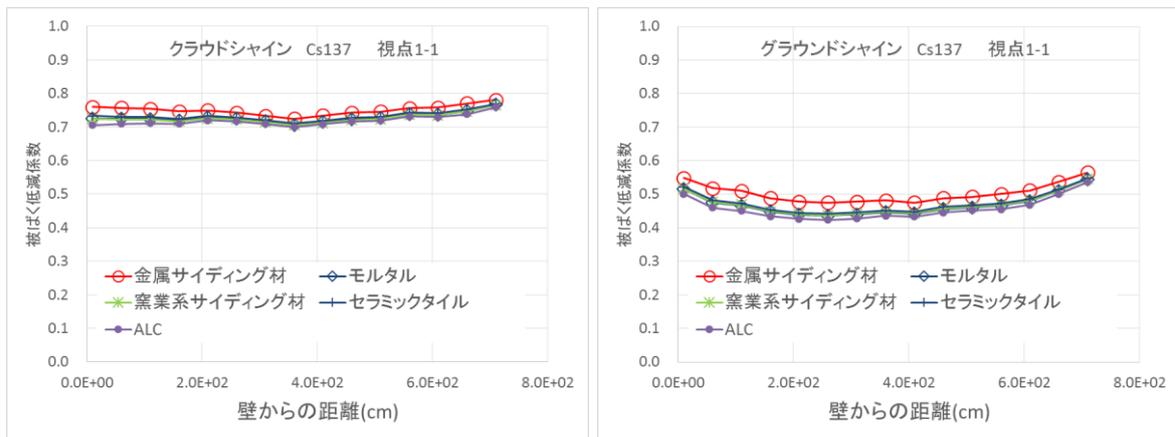


図 4.27 鉄骨造平屋建て共同・長屋建て住宅 視点 1-1 上における Cs-137 の被ばく低減係数 (左：クラウドシャイン 右：グラウンドシャイン)

表 4.32 鉄骨造平屋建て共同住宅 視点 1-1 上の被ばく低減係数の算術平均値、最小値、及び最大値

	最小値					算術平均値					最大値				
	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン	クラウドシャイン				グラウンドシャイン
	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137
金属サイディング材	0.68	0.72	0.77	0.80	0.47	0.71	0.75	0.80	0.83	0.50	0.74	0.78	0.82	0.85	0.56
窯業系サイディング材	0.66	0.71	0.75	0.79	0.44	0.68	0.73	0.77	0.81	0.47	0.73	0.77	0.80	0.83	0.55
モルタル	0.66	0.71	0.76	0.79	0.44	0.69	0.73	0.77	0.81	0.47	0.73	0.77	0.80	0.83	0.54
セラミックタイル	0.66	0.71	0.76	0.79	0.44	0.69	0.73	0.78	0.81	0.47	0.73	0.77	0.80	0.84	0.55
ALC	0.65	0.70	0.75	0.78	0.42	0.68	0.72	0.77	0.80	0.46	0.72	0.76	0.79	0.83	0.54

C. 壁面汚染の影響

戸建て住宅と同様に、屋根と壁面汚染の影響を、a. 屋根 100%、壁 10%、b. 屋根 100%、壁 1%、c. 屋根 50%、壁 10%の汚染を想定した場合の解析を実施した。表 4.33 に、汚染を想定しない場合と上記の汚染を想定した場合の視点 1-1 上及び視点 2-1 上の被ばく低減係数の算術平均値を示す。

最も影響が大きいケースは a. 屋根 100%、壁 10%のケースであり、屋根の影響を受けにくい鉄骨住宅 2 階の 1 階部分では汚染を想定しない場合と比較して 3 割弱程度の低減係数の増加であった。2 階部分と平屋建て住宅の 1 階の部分では 4 割以上の増加を示した。

2 階建て住宅の 1 階と 2 階の比較では、汚染を想定しない場合では被ばく低減係数は 1 階でわずかに大きいですが、このような汚染を想定した場合には屋根汚染の影響を受けるため、2 階の低減係数のほうが大きい結果となった。これは他の木造戸建て住宅、鉄骨造戸建て住宅と同様である。

表 4.33 2 階建鉄骨造共同・長屋建て住宅 屋根と壁の汚染を考慮した場合の視点 1-1 及び視点 2-1 上の被ばく低減係数の算術平均値

	屋根汚染割合 (対土壌表面汚染濃度比)	0%	50%	100%	100%
	壁汚染割合 (対土壌表面汚染濃度比)	0%	10%	1%	10%
2階建て鉄骨共同・長屋 建住宅1階	金属サイディング材	0.51	0.58	0.60	0.63
	窯業系サイディング材	0.48	0.55	0.57	0.59
	モルタル	0.48	0.55	0.57	0.59
	セラミックタイル	0.48	0.55	0.57	0.60
	ALC	0.47	0.53	0.56	0.58
2階建て鉄骨共同・長屋 建住宅2階	金属サイディング材	0.49	0.62	0.69	0.72
	窯業系サイディング材	0.46	0.59	0.66	0.68
	モルタル	0.46	0.59	0.66	0.68
	セラミックタイル	0.47	0.59	0.66	0.69
	ALC	0.45	0.57	0.64	0.67
平屋建て鉄骨共同・長屋 建住宅1階	金属サイディング材	0.50	0.63	0.71	0.73
	窯業系サイディング材	0.47	0.59	0.68	0.70
	モルタル	0.47	0.59	0.68	0.69
	セラミックタイル	0.47	0.60	0.68	0.70
	ALC	0.46	0.58	0.66	0.68

⑥ 体育館

体育館の間取り図を図 4.28 に示す。視点 1-1 上における体育館の外部被ばく低減係数を図 4.29 に示す。視点 1-1 上の被ばく低減係数の最小値、算術平均値、及び最大値を表 4.34 に示す。なお、建屋全体に対する外部被ばく低減係数の算術平均値、最大値、最小値は 4.1.3 に記載した。

Cs-137 のクラウドシャインの場合、入り口 (ENTER) 付近の被ばく低減係数は 0.35 程度であったものの、運動場 (Floor) に達すると 0.40 程度と僅かに上昇する。Floor 部分に遮へい効果の小さい窓が設置されており、Enter 部分には窓が設置されていないため、このような被ばく低減係数の差異が生じた。視点 1-1 上の算術平均値は 0.38 であった。昨年度の報告した結果と比較すると 0.2 程度低下した。これは、4.1.2 で示した本年度の設定条件に対して、昨年度の天井材が石膏ボード厚さ 1.25 cm、密度 0.7 g cm^{-3} 、屋根材がサイディング材厚さ 2.5 cm、密度 1.1 g cm^{-3} 、外装材がサイディング材 2.0 cm、密度 1.1 g cm^{-3} 、内装材が石膏ボード 1.25 cm、密度 0.7 g cm^{-3} であり、特に、外装材と内装材の厚さ密度の値が昨年度と比較して厚いことに起因している。

Cs-137 のグラウンドシャインの場合、視点 1-1 上の算術平均値は 0.13 であった。体育館運動場の中央付近では昨年度と比較して 50%以上低下している。これは上述したクラウドシャインと同様に外装材と内装材の厚さ密度の値が昨年度と比較して厚いことに起因している。

屋根と壁面汚染の影響を、a. 屋根 100%、壁 10%、b. 屋根 100%、壁 1%、c. 屋根 50%、壁 10%の汚染を想定した場合の解析を実施した。表 4.35 に、汚染を想定しない場合と上記の汚染を想定した場合の視点 1-1 上の被ばく低減係数の算術平均値を示す。

最も影響が大きいケースは a. 屋根 100%、壁 10%のケースであり、汚染を想定しない場合と比較して 2 倍程度の低減係数の増加であった。b. の場合も同程度の増加であった。c. の場合は 5 割程度の増加であった。これは、体育館は住宅と比較して建築面積が大きいいため、壁よりも屋根汚染の影響を大きく受けることに起因している。

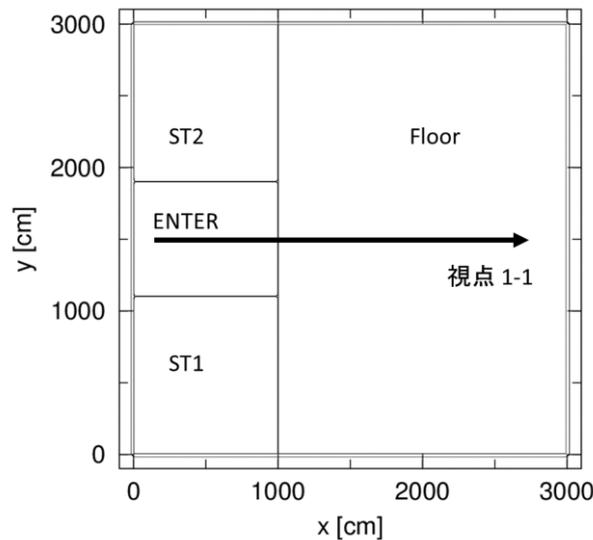


図 4.28 体育館の間取り図

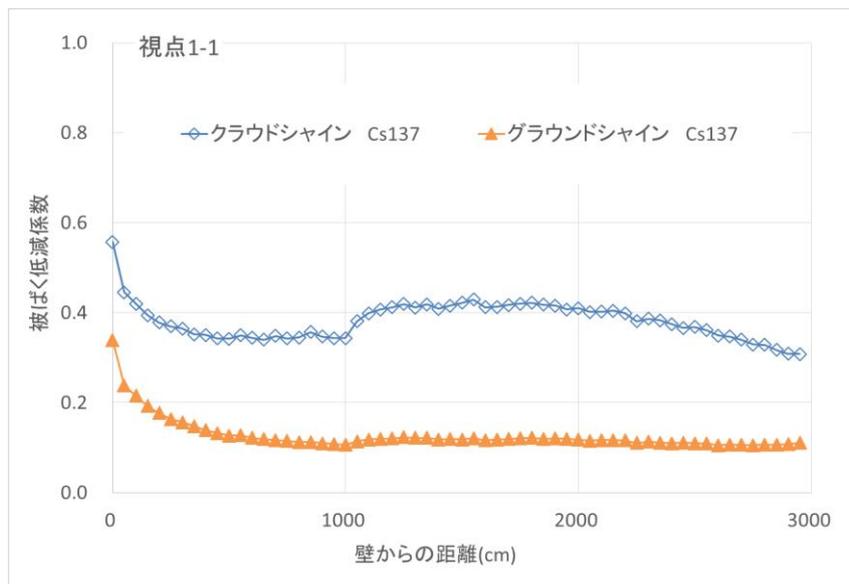


図 4.29 体育館視点 1-1 上における Cs-137 の被ばく低減係数

表 4.34 体育館 視点 1-1 上の被ばく低減係数の算術平均値、最小値、及び最大値

		最小値	算術平均値	最大値
クラウドシャイン	400kev	0.27	0.34	0.55
	Cs137	0.31	0.38	0.56
	1000kev	0.34	0.43	0.59
	1500kev	0.39	0.47	0.61
グラウンドシャイン	Cs137	0.11	0.13	0.34

表 4.35 体育館 屋根と壁の汚染を考慮した場合の視点 1-1 及び視点 2-1 上の被ばく低減係数の算術平均値

屋根汚染割合 (対土壌表面汚染濃度比)	0%	50%	100%	100%
壁汚染割合 (対土壌表面汚染濃度比)	0%	10%	1%	10%
体育館	0.13	0.19	0.24	0.25

4.1.3 外部被ばく低減係数の代表値

これまでの検討結果に基づき、各建屋に対する外部被ばく低減係数の代表値の考え方を記述する。

(1) 建屋別の外部被ばく低減係数の一覧

本事業において評価対象とした家屋及び公共施設に対して、各フロア全体の屋根、壁面の汚染を考慮しない場合に対するクラウドシャインとグラウンドシャインに対する被ばく低減係数の最小値、算術平均値、及び最大値を表 4.36 から表 4.42 に示す。なお、平成 28 年度に実施した平屋建て木造住宅、鉄骨造住宅、共同・長屋建て住宅の結果は付録 5 に記載する。

表 4.36 二階建て木造住宅に対する被ばく低減係数のフロア全体に対する算術平均値。()内は最小値～最大値を表す。

			クラウドシャイン				グラウンドシャイン			
			400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137			
							屋根及び壁汚染濃度比(対地表面濃度)			
							汚染なし	屋根:50% 壁:10%	屋根:100% 壁:1%	屋根:100% 壁:10%
1F	防火木造住宅	金属サイディング材	0.77 (0.72~0.81)	0.80 (0.75~0.84)	0.84 (0.79~0.88)	0.87 (0.81~0.91)	0.58 (0.50~0.67)	0.68 (0.59~0.79)	0.72 (0.64~0.81)	0.75 (0.66~0.85)
		窯業系サイディング材	0.72 (0.68~0.77)	0.76 (0.71~0.80)	0.80 (0.74~0.83)	0.83 (0.79~0.87)	0.54 (0.48~0.63)	0.63 (0.56~0.74)	0.68 (0.61~0.77)	0.70 (0.63~0.81)
		モルタル	0.72 (0.68~0.77)	0.75 (0.71~0.79)	0.79 (0.74~0.83)	0.82 (0.78~0.87)	0.53 (0.47~0.63)	0.63 (0.56~0.73)	0.67 (0.61~0.77)	0.70 (0.63~0.80)
		ALC	0.72 (0.68~0.77)	0.76 (0.71~0.80)	0.80 (0.74~0.83)	0.83 (0.79~0.88)	0.54 (0.48~0.63)	0.63 (0.56~0.74)	0.68 (0.61~0.77)	0.70 (0.63~0.81)
		セラミックタイル	0.73 (0.68~0.77)	0.76 (0.72~0.80)	0.79 (0.73~0.83)	0.83 (0.79~0.88)	0.54 (0.48~0.64)	0.64 (0.57~0.75)	0.68 (0.62~0.77)	0.71 (0.63~0.81)
		漆喰塗り	0.70 (0.66~0.75)	0.74 (0.69~0.78)	0.78 (0.72~0.82)	0.82 (0.78~0.86)	0.53 (0.47~0.62)	0.63 (0.56~0.73)	0.67 (0.60~0.76)	0.69 (0.62~0.80)
		土壁塗り	0.57 (0.51~0.65)	0.61 (0.55~0.69)	0.66 (0.58~0.73)	0.70 (0.64~0.76)	0.42 (0.37~0.54)	0.50 (0.45~0.63)	0.54 (0.49~0.67)	0.56 (0.51~0.70)
	非防火木造住宅	木製サイディング材	0.80 (0.75~0.85)	0.82 (0.76~0.85)	0.85 (0.79~0.89)	0.87 (0.82~0.91)	0.58 (0.50~0.67)	0.68 (0.59~0.79)	0.72 (0.65~0.81)	0.74 (0.66~0.85)
	木造住宅*		0.76 (0.72~0.81)	0.79 (0.74~0.83)	0.83 (0.77~0.86)	0.85 (0.80~0.90)	0.56 (0.49~0.65)	0.66 (0.58~0.76)	0.70 (0.63~0.79)	0.72 (0.65~0.83)
	2F	防火木造住宅	金属サイディング材	0.88 (0.83~0.91)	0.89 (0.85~0.93)	0.92 (0.88~0.96)	0.94 (0.90~0.97)	0.55 (0.52~0.58)	0.70 (0.65~0.76)	0.78 (0.74~0.86)
窯業系サイディング材			0.85 (0.79~0.89)	0.86 (0.82~0.90)	0.89 (0.85~0.93)	0.91 (0.87~0.95)	0.51 (0.48~0.54)	0.66 (0.61~0.70)	0.74 (0.70~0.80)	0.77 (0.72~0.84)
モルタル			0.85 (0.79~0.89)	0.86 (0.81~0.90)	0.89 (0.84~0.93)	0.91 (0.87~0.95)	0.51 (0.48~0.54)	0.65 (0.61~0.70)	0.74 (0.70~0.80)	0.76 (0.72~0.84)
ALC			0.85 (0.79~0.89)	0.86 (0.82~0.90)	0.89 (0.85~0.93)	0.91 (0.88~0.95)	0.51 (0.48~0.54)	0.66 (0.61~0.70)	0.74 (0.70~0.80)	0.77 (0.72~0.84)
セラミックタイル			0.85 (0.81~0.89)	0.87 (0.83~0.90)	0.89 (0.84~0.93)	0.92 (0.87~0.95)	0.52 (0.48~0.55)	0.66 (0.62~0.70)	0.74 (0.70~0.80)	0.77 (0.72~0.84)
漆喰塗り			0.83 (0.76~0.87)	0.85 (0.80~0.89)	0.88 (0.83~0.92)	0.91 (0.86~0.94)	0.50 (0.47~0.54)	0.65 (0.60~0.69)	0.73 (0.69~0.79)	0.76 (0.71~0.83)
土壁塗り			0.72 (0.59~0.78)	0.75 (0.65~0.80)	0.79 (0.68~0.84)	0.82 (0.73~0.87)	0.39 (0.37~0.45)	0.52 (0.49~0.58)	0.60 (0.56~0.65)	0.62 (0.58~0.67)
非防火木造住宅		木製サイディング材	0.91 (0.87~0.95)	0.91 (0.87~0.95)	0.93 (0.89~0.97)	0.95 (0.91~0.98)	0.55 (0.52~0.59)	0.70 (0.65~0.76)	0.78 (0.74~0.86)	0.81 (0.76~0.90)
木造住宅*		0.88 (0.83~0.92)	0.89 (0.85~0.93)	0.91 (0.87~0.95)	0.93 (0.89~0.96)	0.53 (0.50~0.57)	0.68 (0.63~0.73)	0.76 (0.72~0.83)	0.79 (0.74~0.87)	

* 木造住宅の値は、本事業の調査結果に基づいて、防火木造住宅:非防火木造住宅=34:41及び窯業系サイディング材を代表壁材とした場合の重み付け平均値

表 4.37 二階建て鉄骨造住宅に対する被ばく低減係数のフロア全体に対する算術平均値。() 内は最小値～最大値を表す。

		クラウドシャイン				グラウンドシャイン			
		400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137			
						屋根及び壁汚染濃度比(対地表面濃度)			
						汚染なし	屋根:50% 壁:10%	屋根:100% 壁:1%	屋根:100% 壁:10%
1F	金属サイディング材	0.70 (0.62~0.77)	0.74 (0.67~0.80)	0.78 (0.72~0.85)	0.82 (0.76~0.88)	0.55 (0.47~0.67)	0.61 (0.52~0.74)	0.62 (0.54~0.73)	0.64 (0.56~0.77)
	窯業系サイディング材	0.65 (0.58~0.72)	0.69 (0.63~0.76)	0.74 (0.68~0.80)	0.78 (0.73~0.84)	0.51 (0.44~0.63)	0.57 (0.50~0.69)	0.58 (0.51~0.68)	0.60 (0.53~0.72)
	モルタル	0.64 (0.57~0.72)	0.69 (0.63~0.75)	0.74 (0.68~0.79)	0.78 (0.73~0.83)	0.51 (0.44~0.63)	0.57 (0.49~0.69)	0.58 (0.51~0.68)	0.60 (0.53~0.72)
	セラミックタイル	0.65 (0.58~0.73)	0.70 (0.64~0.76)	0.75 (0.69~0.80)	0.78 (0.73~0.84)	0.52 (0.44~0.64)	0.58 (0.50~0.70)	0.58 (0.52~0.69)	0.61 (0.53~0.73)
	ALC	0.62 (0.56~0.70)	0.67 (0.61~0.74)	0.72 (0.66~0.77)	0.76 (0.71~0.82)	0.50 (0.43~0.61)	0.55 (0.48~0.67)	0.56 (0.50~0.66)	0.59 (0.52~0.70)
2F	金属サイディング材	0.82 (0.73~0.88)	0.85 (0.78~0.89)	0.88 (0.81~0.93)	0.91 (0.84~0.96)	0.54 (0.50~0.59)	0.65 (0.60~0.70)	0.70 (0.67~0.73)	0.73 (0.68~0.76)
	窯業系サイディング材	0.79 (0.72~0.85)	0.82 (0.76~0.87)	0.86 (0.80~0.89)	0.89 (0.82~0.92)	0.51 (0.46~0.55)	0.61 (0.56~0.65)	0.66 (0.63~0.69)	0.69 (0.65~0.73)
	モルタル	0.79 (0.71~0.85)	0.82 (0.76~0.86)	0.86 (0.80~0.89)	0.88 (0.82~0.92)	0.50 (0.46~0.55)	0.61 (0.56~0.65)	0.66 (0.62~0.69)	0.69 (0.64~0.72)
	セラミックタイル	0.80 (0.72~0.86)	0.83 (0.76~0.87)	0.86 (0.80~0.90)	0.89 (0.83~0.93)	0.51 (0.47~0.56)	0.61 (0.57~0.66)	0.67 (0.63~0.70)	0.69 (0.65~0.73)
	ALC	0.77 (0.70~0.83)	0.80 (0.74~0.85)	0.84 (0.79~0.88)	0.87 (0.82~0.91)	0.49 (0.45~0.53)	0.59 (0.55~0.63)	0.65 (0.61~0.68)	0.67 (0.63~0.71)

表 4.38 二階建て鉄筋コンクリート造住宅に対する被ばく低減係数のフロア全体に対する算術平均値。()内は最小値～最大値を表す。

		クラウドシャイン				グラウンドシャイン			
		400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137			
						屋根及び壁汚染濃度比(対地表面濃度)			
						屋根、壁汚染 汚染なし	屋根:50% 壁:10%	屋根:100% 壁:1%	屋根:100% 壁:10%
1F	鉄筋コンクリート	0.09 (0.05~0.26)	0.12 (0.08~0.27)	0.16 (0.12~0.30)	0.20 (0.16~0.33)	0.15 (0.11~0.34)	0.16 (0.12~0.36)	0.16 (0.12~0.35)	0.17 (0.12~0.37)
2F		0.17 (0.12~0.30)	0.23 (0.17~0.35)	0.28 (0.21~0.39)	0.34 (0.27~0.44)	0.10 (0.07~0.18)	0.13 (0.10~0.22)	0.15 (0.12~0.23)	0.16 (0.12~0.24)

表 4.39 二階建て木造共同・長屋建て住宅に対する被ばく低減係数のフロア全体に対する算術平均値。()内は最小値～最大値を表す。

		クラウドシャイン				グラウンドシャイン			
		400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137			
						屋根及び壁汚染濃度比(対地表面濃度)			
						汚染なし	屋根:50% 壁:10%	屋根:100% 壁:1%	屋根:100% 壁:10%
1F	金属サイディング材	0.75 (0.69~0.81)	0.78 (0.72~0.83)	0.82 (0.76~0.87)	0.84 (0.80~0.90)	0.56 (0.49~0.67)	0.63 (0.56~0.75)	0.64 (0.59~0.74)	0.67 (0.61~0.78)
	窯業系サイディング材	0.70 (0.66~0.76)	0.73 (0.69~0.78)	0.77 (0.72~0.83)	0.81 (0.76~0.85)	0.52 (0.46~0.64)	0.59 (0.53~0.71)	0.61 (0.56~0.70)	0.63 (0.57~0.74)
	モルタル	0.70 (0.66~0.76)	0.73 (0.69~0.78)	0.77 (0.72~0.83)	0.80 (0.76~0.85)	0.52 (0.46~0.64)	0.59 (0.52~0.71)	0.60 (0.55~0.70)	0.63 (0.57~0.74)
	セラミックタイル	0.71 (0.66~0.77)	0.74 (0.70~0.79)	0.78 (0.73~0.83)	0.81 (0.76~0.86)	0.53 (0.46~0.64)	0.59 (0.53~0.71)	0.61 (0.56~0.71)	0.64 (0.58~0.74)
	ALC	0.70 (0.66~0.76)	0.73 (0.69~0.78)	0.77 (0.72~0.83)	0.81 (0.76~0.85)	0.52 (0.46~0.64)	0.59 (0.53~0.71)	0.61 (0.56~0.70)	0.63 (0.57~0.74)
	木製サイディング材	0.76 (0.71~0.82)	0.78 (0.73~0.84)	0.81 (0.75~0.87)	0.84 (0.79~0.89)	0.55 (0.49~0.66)	0.62 (0.55~0.74)	0.64 (0.58~0.73)	0.66 (0.60~0.77)
2F	金属サイディング材	0.84 (0.79~0.87)	0.86 (0.81~0.90)	0.89 (0.84~0.93)	0.91 (0.87~0.96)	0.54 (0.49~0.60)	0.66 (0.61~0.72)	0.73 (0.70~0.75)	0.75 (0.72~0.78)
	窯業系サイディング材	0.81 (0.77~0.85)	0.83 (0.79~0.87)	0.87 (0.82~0.90)	0.89 (0.85~0.93)	0.50 (0.46~0.57)	0.62 (0.58~0.68)	0.69 (0.66~0.71)	0.72 (0.68~0.75)
	モルタル	0.81 (0.77~0.85)	0.83 (0.79~0.87)	0.86 (0.82~0.90)	0.89 (0.85~0.93)	0.50 (0.46~0.57)	0.62 (0.58~0.68)	0.69 (0.66~0.71)	0.71 (0.68~0.74)
	セラミックタイル	0.82 (0.78~0.86)	0.84 (0.80~0.88)	0.87 (0.83~0.91)	0.89 (0.86~0.93)	0.51 (0.46~0.57)	0.63 (0.59~0.68)	0.70 (0.67~0.72)	0.72 (0.69~0.75)
	ALC	0.81 (0.77~0.85)	0.83 (0.79~0.87)	0.87 (0.82~0.90)	0.89 (0.85~0.93)	0.50 (0.46~0.57)	0.62 (0.58~0.68)	0.69 (0.66~0.71)	0.72 (0.68~0.75)
	木製サイディング材	0.86 (0.81~0.90)	0.87 (0.82~0.91)	0.89 (0.84~0.94)	0.91 (0.87~0.96)	0.53 (0.48~0.60)	0.65 (0.61~0.71)	0.72 (0.69~0.74)	0.75 (0.71~0.78)

表 4.40 二階建て鉄骨造共同・長屋建て住宅に対する被ばく低減係数のフロア全体に対する算術平均値。() 内は最小値～最大値を表す。

		クラウドシャイン				グラウンドシャイン			
		400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137			
						屋根及び壁汚染濃度比(対地表面濃度)			
						汚染なし	屋根:50% 壁:10%	屋根:100% 壁:1%	屋根:100% 壁:10%
1F	金属サイディング材	0.69 (0.62~0.77)	0.73 (0.66~0.80)	0.77 (0.71~0.84)	0.80 (0.75~0.87)	0.54 (0.47~0.66)	0.61 (0.54~0.73)	0.62 (0.56~0.72)	0.65 (0.58~0.76)
	窯業系サイディング材	0.63 (0.58~0.72)	0.68 (0.63~0.75)	0.73 (0.67~0.79)	0.77 (0.72~0.83)	0.50 (0.44~0.63)	0.57 (0.50~0.69)	0.59 (0.53~0.69)	0.61 (0.55~0.72)
	モルタル	0.64 (0.58~0.72)	0.68 (0.63~0.75)	0.73 (0.67~0.79)	0.76 (0.72~0.83)	0.50 (0.44~0.62)	0.57 (0.50~0.69)	0.58 (0.53~0.69)	0.61 (0.54~0.72)
	セラミックタイル	0.65 (0.59~0.73)	0.69 (0.63~0.76)	0.73 (0.68~0.80)	0.77 (0.72~0.83)	0.51 (0.44~0.63)	0.57 (0.51~0.70)	0.59 (0.53~0.69)	0.61 (0.55~0.73)
	ALC	0.62 (0.56~0.70)	0.66 (0.61~0.72)	0.71 (0.66~0.77)	0.75 (0.70~0.81)	0.49 (0.43~0.61)	0.55 (0.49~0.68)	0.57 (0.52~0.67)	0.59 (0.53~0.71)
2F	金属サイディング材	0.80 (0.74~0.85)	0.82 (0.77~0.88)	0.86 (0.81~0.91)	0.89 (0.83~0.94)	0.52 (0.46~0.59)	0.64 (0.58~0.70)	0.70 (0.67~0.73)	0.73 (0.68~0.77)
	窯業系サイディング材	0.76 (0.71~0.81)	0.79 (0.74~0.84)	0.83 (0.79~0.88)	0.86 (0.82~0.91)	0.48 (0.43~0.56)	0.60 (0.55~0.66)	0.66 (0.63~0.69)	0.69 (0.65~0.73)
	モルタル	0.77 (0.72~0.82)	0.80 (0.75~0.85)	0.83 (0.79~0.88)	0.86 (0.82~0.91)	0.48 (0.43~0.56)	0.60 (0.55~0.66)	0.66 (0.63~0.69)	0.69 (0.65~0.73)
	セラミックタイル	0.77 (0.72~0.83)	0.80 (0.76~0.85)	0.84 (0.79~0.89)	0.87 (0.82~0.92)	0.49 (0.44~0.56)	0.60 (0.56~0.67)	0.67 (0.64~0.70)	0.69 (0.66~0.73)
	ALC	0.75 (0.71~0.80)	0.78 (0.74~0.83)	0.82 (0.78~0.87)	0.85 (0.81~0.89)	0.47 (0.42~0.54)	0.58 (0.54~0.65)	0.65 (0.61~0.68)	0.67 (0.64~0.71)

表 4.41 鉄筋コンクリート造共同住宅に対する被ばく低減係数のフロア全体に対する算術平均値。()内は最小値～最大値を表す。

	クラウドシャイン				グラウンドシャイン			
	400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137			
					屋根及び壁汚染濃度比(対地表面濃度)			
					汚染なし	屋根:50% 壁:10%	屋根:100% 壁:1%	屋根:100% 壁:10%
1F	0.05 (0.01~0.18)	0.05 (0.01~0.19)	0.06 (0.02~0.21)	0.07 (0.02~0.22)	0.10 (0.03~0.32)	0.10 (0.03~0.33)	0.10 (0.03~0.32)	0.10 (0.03~0.33)
2F	0.05 (0.01~0.18)	0.05 (0.02~0.20)	0.06 (0.02~0.21)	0.07 (0.02~0.22)	0.04 (0.01~0.13)	0.05 (0.01~0.14)	0.04 (0.01~0.13)	0.05 (0.01~0.14)
3F	0.05 (0.01~0.19)	0.05 (0.01~0.20)	0.06 (0.02~0.21)	0.07 (0.02~0.23)	0.03 (0.01~0.10)	0.04 (0.01~0.11)	0.03 (0.01~0.10)	0.04 (0.01~0.11)
4F	0.05 (0.01~0.19)	0.06 (0.02~0.21)	0.07 (0.02~0.22)	0.08 (0.03~0.24)	0.03 (0.01~0.09)	0.03 (0.01~0.10)	0.03 (0.01~0.09)	0.03 (0.01~0.10)
5F	0.06 (0.02~0.21)	0.08 (0.02~0.24)	0.10 (0.04~0.26)	0.12 (0.05~0.29)	0.02 (0.01~0.08)	0.03 (0.01~0.09)	0.03 (0.01~0.09)	0.03 (0.01~0.09)

表 4.42 公共施設に対する被ばく低減係数のフロア全体に対する算術平均値。()内は最小値～最大値を表す。

		クラウドシャイン				グラウンドシャイン			
		400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137			
						屋根及び壁汚染濃度比(対地表面濃度)			
						汚染なし	屋根:50% 壁:10%	屋根:100% 壁:1%	屋根:100% 壁:10%
病院	1F	0.03 (0.002~0.33)	0.04 (0.004~0.34)	0.05 (0.01~0.36)	0.07 (0.01~0.38)	0.05 (0.01~0.37)	0.06 (0.01~0.39)	0.05 (0.01~0.37)	0.06 (0.01~0.39)
	2F	0.02 (0.01~0.04)	0.03 (0.02~0.06)	0.04 (0.02~0.09)	0.06 (0.04~0.12)	0.02 (0.01~0.05)	0.02 (0.01~0.06)	0.02 (0.01~0.05)	0.02 (0.01~0.06)
	3F	0.02 (0.01~0.04)	0.03 (0.02~0.07)	0.05 (0.03~0.09)	0.07 (0.04~0.13)	0.02 (0.01~0.04)	0.02 (0.01~0.05)	0.02 (0.01~0.04)	0.02 (0.01~0.05)
	4F	0.04 (0.002~0.30)	0.05 (0.003~0.32)	0.06 (0.005~0.34)	0.07 (0.01~0.37)	0.01 (0.001~0.08)	0.02 (0.001~0.09)	0.01 (0.001~0.08)	0.02 (0.001~0.09)
	5F	0.04 (0.002~0.31)	0.05 (0.004~0.33)	0.06 (0.01~0.35)	0.08 (0.01~0.38)	0.01 (0.001~0.07)	0.02 (0.001~0.09)	0.01 (0.001~0.07)	0.02 (0.001~0.09)
	6F	0.07 (0.01~0.33)	0.09 (0.02~0.36)	0.12 (0.03~0.40)	0.15 (0.04~0.44)	0.01 (0.001~0.07)	0.02 (0.01~0.09)	0.03 (0.01~0.08)	0.03 (0.01~0.09)
学校	1F	0.11 (0.02~0.30)	0.12 (0.03~0.31)	0.13 (0.03~0.34)	0.15 (0.04~0.36)	0.09 (0.03~0.24)	0.10 (0.03~0.26)	0.09 (0.03~0.24)	0.10 (0.03~0.26)
	2F	0.11 (0.02~0.30)	0.12 (0.03~0.33)	0.14 (0.04~0.35)	0.16 (0.04~0.38)	0.06 (0.02~0.16)	0.06 (0.02~0.17)	0.06 (0.02~0.16)	0.06 (0.02~0.17)
	3F	0.14 (0.03~0.33)	0.16 (0.05~0.36)	0.19 (0.06~0.40)	0.23 (0.08~0.44)	0.04 (0.01~0.12)	0.06 (0.02~0.14)	0.06 (0.02~0.14)	0.07 (0.02~0.15)
体育館		0.30 (0.15~0.41)	0.34 (0.19~0.45)	0.38 (0.24~0.50)	0.43 (0.28~0.54)	0.11 (0.09~0.24)	0.17 (0.12~0.30)	0.22 (0.15~0.32)	0.22 (0.15~0.33)

(2) 防火木造住宅と鉄骨造住宅の代表壁材の検討

防火木造住宅と鉄骨造住宅の代表壁材を、外装材の分布（表 4.2 に示した平成 27 年度のデータと表 4.4 に示した昭和 62 年のデータ）を用いて検討した。なお、表 4.2 と表 4.4 で「その他」、「なし」、及び「不明」に分類されている外装材を「セラミックタイル」とした。表 4.4 で「サイディング張り」に分類されている壁材を窯業系サイディング材と金属サイディング材の混合とした。その混合割合は平成 27 年度の「窯業系サイディング材：金属サイディング材＝78.8：8.8」とした。

以下の被ばく低減係数は、フロア全体の平均値に対して上記の前提に基づいて重み付け平均したものである。

- ・二階建て防火木造住宅、Cs-137、クラウドシャインの場合
平成 27 年度のデータ使用時：1 階 → 0.76、2 階 → 0.87
昭和 62 年度のデータ使用時：1 階 → 0.75、2 階 → 0.86
- ・二階建て防火木造住宅、Cs-137、グラウンドシャインの場合
平成 27 年度のデータ使用時：1 階 → 0.54、2 階 → 0.51
昭和 62 年度のデータ使用時：1 階 → 0.53、2 階 → 0.50

この結果、平成 27 年度のデータと昭和 62 年のデータのどちらを用いても、窯業系サイディング材単独のデータとほとんど変わらない結果であった。鉄骨造住宅の被ばく低減係数は、表 4.37 に示したように外装材間で大きな違いが見られなかった。以上のことから、防火木造住宅と鉄骨造住宅に関する代表壁材は、「窯業系サイディング材」とした。

4.2 車両による外部被ばく低減効果の検討

4.2.1 車両による外部被ばくの低減効果を評価するための条件設定

平成 28 年度は、バスに対する外部被ばく低減効果の解析を実施した。使用したコードは、MCNP コード (X-5 Monte Carlo Team, 2008) を用いた。MCNP コードは PHITS2 コードと同等の結果を与えるコードである。しかしながら、バスによる被ばく低減効果の評価は住宅モデルと異なり、点に対する線量評価を実施するため、計算時間の観点から有利である MCNP コードを用いることとした。バスモデルには、平成 27 年度に実施したカタログ調査に基づいて開発した重みづけバスモデルを用いた。バスの概要図と評価位置を図 4.30 と図 4.31 に示す。なお、運転席と客席のシートのモデル化は行っていない。バスのシートは調査したカタログに基づき大型観光バスに相当する 4×11 列シートを想定した。評価点は運転席席とバス前方、中央、後方に座る乗客の 4 パターン (13 ケース) を想定した。表 4.43 に解析で使用したパラメータを示す。昨年度の検討結果に基づいた設定である。なお、客席の評価点は、昨年度は自動車の考え方を踏襲し客室中央から 20cm 下 (床から 76.5cm) としたが、本年度は、国土交通省の資料 (国土交通省, 2007) に基づいて床からの座面高さを 41.5cm、座面からの評価点位置は、着座状態において重要臓器が多く集まっている箇所を想定した座面中央から 15cm 上 (床から 56.5cm) の位置とした。

表 4.43 バスによる外部被ばく低減効果の解析で使用したパラメータ

項目	値	
車重 (kg)	12248	
全長 (mm)	11780	
全幅 (mm)	2490	
全高 (mm)	3322	
最低地上高 (mm)	200	
標準室内寸法	全長 (mm)	10704
	全幅 (mm)	2314
	全高 (mm)	1930
側面窓幅 (mm)	11185	
側面窓高 (mm)	103	
前窓幅 (mm)	2480	
後窓幅 (mm)	2246	
前窓高 (mm)	1602	
後窓高 (mm)	767	
客室の床面高さ(地上基準)(mm)	1391.2	
車体厚さ (mm)	天井	0.8
	天井以外	12.7
床からの座面高さ (mm)	415	
座面中央からの評価点位置 (mm)	150	

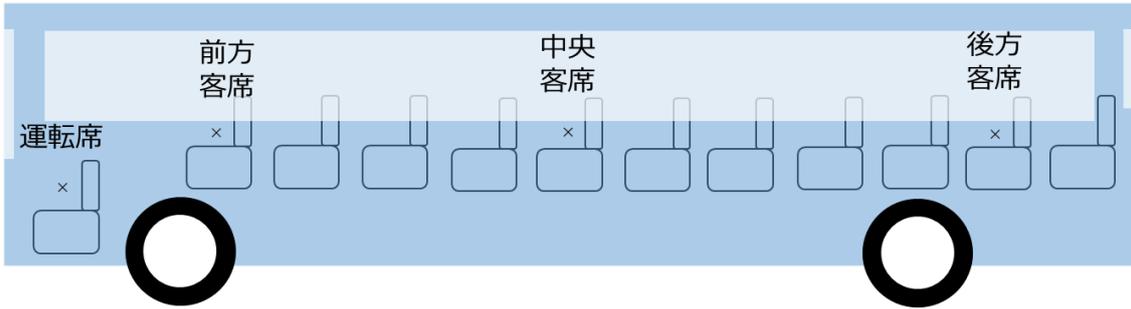


図 4.30 バスの側面概要図と評価位置 (× : 評価点)

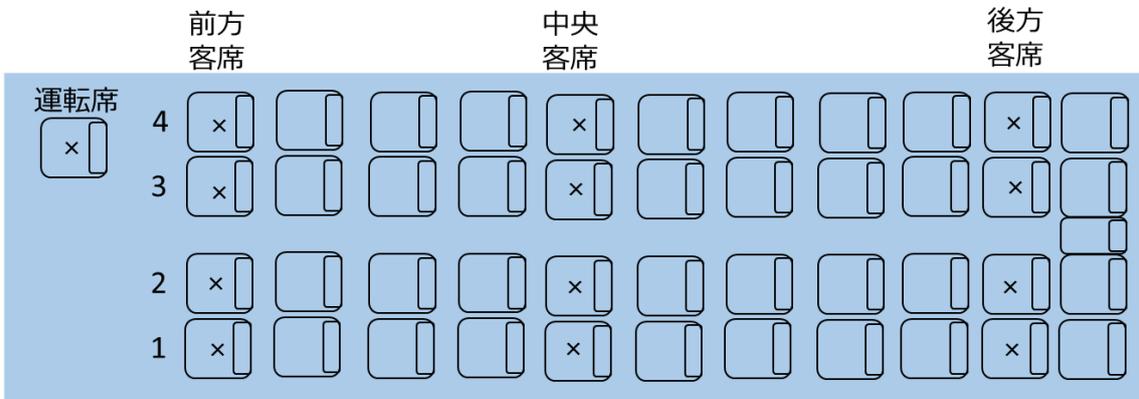


図 4.31 バスの上面概要図と評価位置 (× : 評価点)

4.2.2 車両による外部被ばくの低減効果の解析

クラウドシャインとグラウンドシャインに対するバスの被ばく低減係数の解析結果を表 4.44 に示す。図 4.32 に運転席と各客席の 2 列目での被ばく低減係数のプロット図を示す。

クラウドシャインに関して、運転席の被ばく低減係数は 0.52–0.72、客席の被ばく低減係数は 0.70–0.88 であった。運転席の被ばく低減係数は客席よりも小さい傾向である。これは、運転席のほうが客席と比較して地上高さが約 120 cm 低く、下からの放射線の寄与が小さいことに起因している。グラウンドシャインに関して、被ばく低減係数は 0.45–0.53 であり、客席と運転席で大きな差は生じなかった。

昨年度実施した自動車重み付けモデルの被ばく低減効果とバスの客席の被ばく低減効果を比較する。グラウンドシャインの場合、車両中央の被ばく低減係数は 0.70 であったのに対してバスの客席中央部の被ばく低減係数は 0.47 程度であった。グラウンドシャインの被ばく低減効果が自動車と異なるのは、バスは側面及び床部分の厚さが 1.27cm であり、重み付け車両モデルの厚さ 0.783cm よりも厚く遮へい効果が大きいためであると考えられる。

また、クラウドシャイン (Cs-137) の場合、自動車重み付けモデルの車両中央の被ばく低減係数は 0.78 であったのに対して、バスの客席の被ばく低減係数は客席中央部で 0.79 程度であり、自動車重み付けモデルと殆ど同等であった。これは、バスの客席の評価点は自動車よりも高い位置にあるが、バスの側面窓よりも低い位置にあるため、評価点位置の高低差の影響が、バスの側面壁の遮へい効果で相殺され、クラウドシャインの被ばく低減係数に差が生じなかったと考えられる。

表 4.44 クラウドシャインとグラウンドシャインに対するバスの被ばく低減係数

		運転席	前方客席				中央客席				後方客席			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
グラウンドシャイン	Cs137	0.53	0.49	0.51	0.51	0.49	0.45	0.46	0.47	0.46	0.46	0.47	0.47	0.46
クラウドシャイン	400kev	0.52	0.69	0.73	0.73	0.70	0.69	0.72	0.72	0.67	0.67	0.70	0.71	0.67
	Cs137	0.62	0.78	0.81	0.80	0.77	0.75	0.79	0.79	0.75	0.74	0.77	0.77	0.74
	1000kev	0.67	0.81	0.84	0.84	0.81	0.80	0.84	0.84	0.81	0.79	0.82	0.83	0.79
	1500kev	0.72	0.85	0.88	0.88	0.85	0.84	0.86	0.87	0.84	0.82	0.85	0.86	0.83

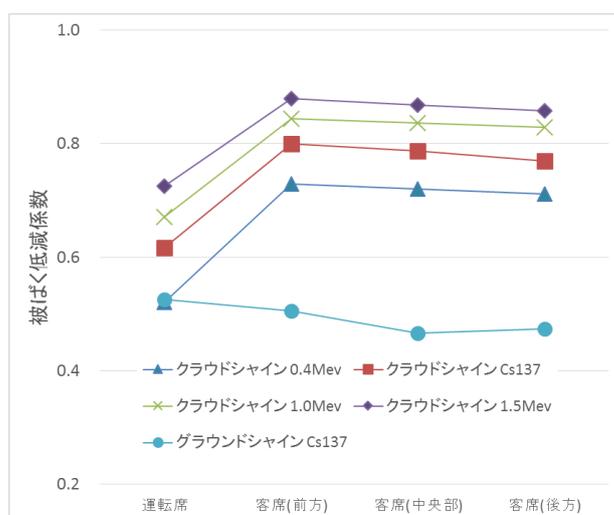


図 4.32 クラウドシャインとグラウンドシャインに対するバスの被ばく低減係数 (運転席と各客席の 2 列目)

5. 概要版の作成

ここでは、主に屋内退避による外部被ばくの低減効果の概要版案を示す。今年度の概要版では、現在までに分かりえた結果をまとめることとし、平成 29 年度では 3 年間の結果をまとめた概要版を作成する。概要版案を作成するにあたり、住民及び自治体に対するメッセージとして使えるものを意識し、特に解析結果から分かりえた防護効果を高めるための行動を記載することにした。構成として、被ばく低減効果の定義、低減効果を得るための計算方法の概略、入力値などの計算条件、被ばく低減効果のまとめ、被ばく低減効果を高めるための行動を記載した。

吸入被ばくの低減効果を評価するうえで重要な沈着速度及び浸透率がはっきりとした値でないため、本年度ではある仮定条件での低減効果を示し、次年度に実験結果から導かれた沈着速度及び浸透率を用いて低減効果を示す。

報告書で示した線量比または被ばく低減係数と被ばく低減効果の関係は

$$\text{被ばく低減効果 (\%)} = (1 - \text{線量比または被ばく低減係数}) \times 100$$

である。屋内退避をすることにより、被ばく線量がどの程度低減できるかを表記する際、百分率の方が分かりやすいと判断し、百分率で表記することにした。

次ページより概要版案を示す。

外部被ばく

被ばく低減効果の定義

被ばく低減効果の定義は以下の式で表されるように、外に滞在したときと比べて、屋内退避することにより、被ばく線量がどの程度低減されたかを示す指標である。

$$\text{被ばく低減効果 (\%)} = \left(1 - \frac{\text{家屋内の床上 1 m における空間線量率}}{\text{家屋外の地表面上 1 m における空間線量率}} \right) \times 100$$

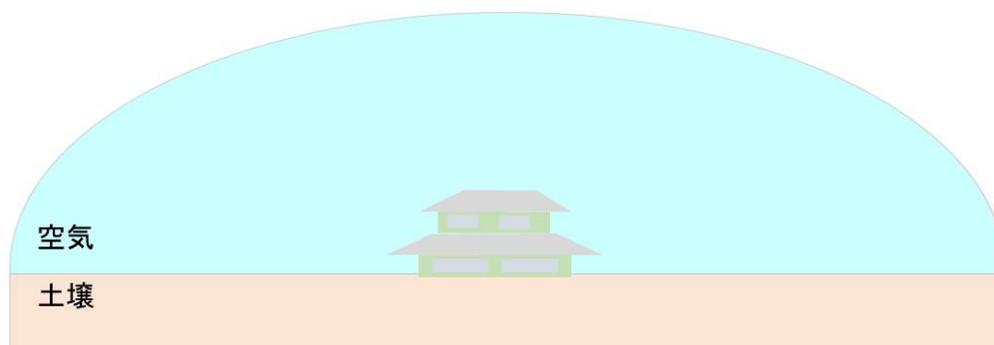
計算方法

被ばく低減効果を求めるために、家屋内外の空間線量率の情報が必要であり、ここでは粒子・重イオン挙動解析コード PHITS (Particle and Heavy Ion Transport code System) を用いて空間線量率を計算した。

共通の計算体系

家屋外の線量率は周囲に建物の無い条件で計算した。

家屋内の線量率は周囲に建物が無く、対象家屋が1軒存在する条件で計算した。家屋内と家屋下の土壤に放射性物質が無いとし、家屋を中心とした半径 1 km の半径上の空気領域 (密度 $1.205 \times 10^{-3} \text{ g cm}^{-3}$) に一様に放射性物質が存在する場合 (クラウドシャイン) と土壤上 (密度 1.6 g cm^{-3}) に放射性物質が一様に存在する場合 (グラウンドシャイン) の2つの条件で計算した。



計算体系図

γ線エネルギー範囲

原子炉停止後のクラウドシャイン及びグラウンドシャインからのγ線の平均エネルギーの変動を包含できるように、クラウドシャインでは 400–1500 keV、グラウンドシャインでは 662 keV(^{137}Cs)と設定した。

木造戸建て住宅

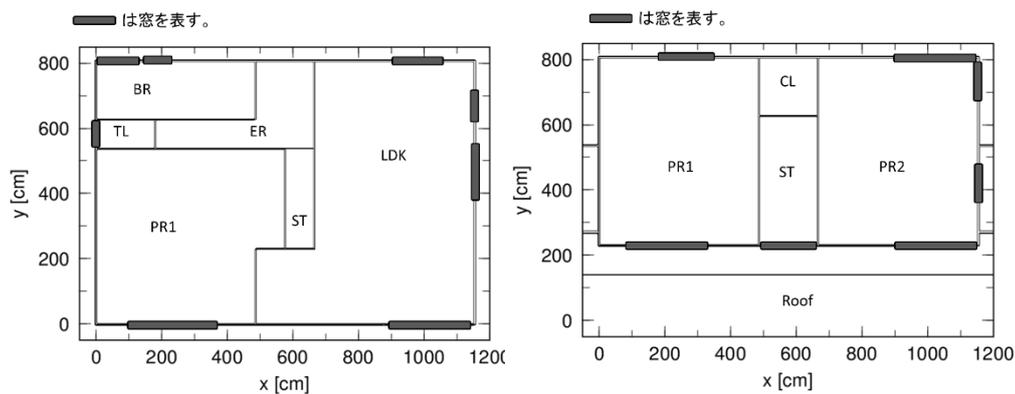
壁材

外装材			内装材		
名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)	名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)
窯業系サイディング材	1.6	1.1	石膏ボード張り	0.95	0.7
金属サイディング材	0.03	7.86			
モルタル	1.5	1.3			
軽量気泡コンクリート	3.5	0.5			
セラミックタイル	0.8	2.1			
漆喰	2.0	1.0			
土壁	6.0	1.28	板張り	1.2	0.38
木製サイディング材	1.8	0.38			

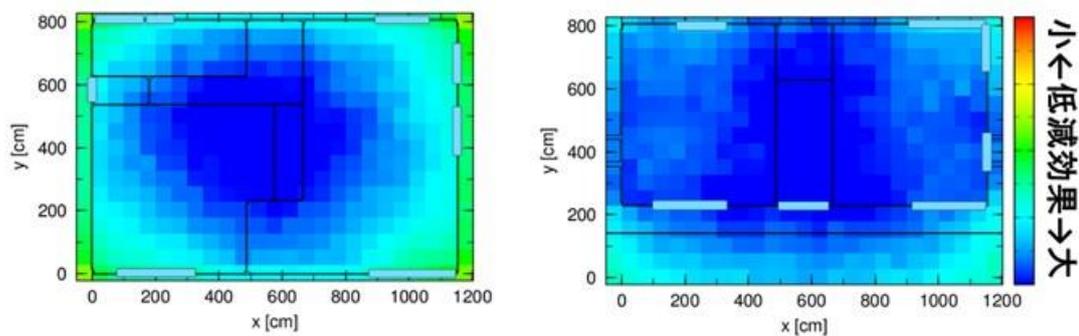
屋根

野地板厚さ 9 mm、野地板密度 0.38 g cm⁻³、スレート屋根厚さ 5.0 mm、屋根密度 1.5 g cm⁻³。

間取り



間取り図 (左: 1階、右: 2階)



グラウンドシャイン時の被ばく低減効果のコンター図 (左: 1階、右: 2階)

二階建て木造住宅の外装材及び被ばく経路ごとの被ばく低減効果

			クラウドシャイン	グラウンドシャイン				
				屋根及び壁汚染濃度比(対地表面濃度)				
				汚染なし	屋根:50% 壁:10%	屋根:100% 壁:1%	屋根:100% 壁:10%	
1F	防火木造住宅	金属サイディング材	建屋中央付近、窓付近:10%~30% (400kev,Cs137:20%~30%、1000kev,1500kev:10%~20%)	建屋中央付近:50% 壁付近:30%	建屋中央付近:40% 壁付近:20%	建屋中央付近:40% 壁付近:20%	建屋中央付近:30% 壁付近:10%	
		窯業系サイディング材	建屋中央付近、窓付近:10%~30% (400kev,Cs137:20%~30%、1000kev,1500kev:10%~30%)	建屋中央付近:50% 壁付近:40%	建屋中央付近:40% 壁付近:30%		建屋中央付近:40% 壁付近:20%	建屋中央付近:40% 壁付近:20%
		モルタル						
		軽量気泡コンクリート						
		セラミックタイル						
		漆喰塗り						
	土壁塗り	建屋中央付近、窓付近:20%~50% (400kev,Cs137:30%~50%、1000kev,1500kev:20%~40%)	建屋中央付近:60% 壁付近:50%	建屋中央付近:60% 壁付近:40%	建屋中央付近:50% 壁付近:30%	建屋中央付近:50% 壁付近:30%		
非防火木造住宅	木製サイディング材	建屋中央付近、窓付近:10%~20% (400kev,Cs137:10%~20%、1000kev,1500kev:10%~20%)	建屋中央付近:50% 壁付近:30%	建屋中央付近:40% 壁付近:20%	建屋中央付近:40% 壁付近:20%	建屋中央付近:30% 壁付近:10%		
木造住宅*		建屋中央付近、窓付近:10%~30% (400kev,Cs137:20%~30%、1000kev,1500kev:10%~20%)				建屋中央付近:40% 壁付近:20%		
2F	防火木造住宅	金属サイディング材	建屋中央付近、窓付近:03%~20% (400kev,Cs137:10%~20%、1000kev,1500kev:03%~10%)	建屋中央付近:50% 壁付近:40%	建屋中央付近:40% 壁付近:20%	建屋中央付近:30% 壁付近:10%	建屋中央付近:20% 壁付近:10%	
		窯業系サイディング材	建屋中央付近、窓付近:10%~20% (400kev,Cs137:10%~20%、1000kev,1500kev:10%~20%)	建屋中央付近:50% 壁付近:50%	建屋中央付近:40% 壁付近:30%		建屋中央付近:30% 壁付近:20%	建屋中央付近:30% 壁付近:20%
		モルタル						
		軽量気泡コンクリート						
		セラミックタイル						
		漆喰塗り						
	土壁塗り	建屋中央付近、窓付近:10%~40% (400kev,Cs137:20%~40%、1000kev,1500kev:10%~30%)	建屋中央付近:60% 壁付近:50%	建屋中央付近:50% 壁付近:40%	建屋中央付近:40% 壁付近:40%	建屋中央付近:40% 壁付近:30%		
非防火木造住宅	木製サイディング材	建屋中央付近、窓付近:02%~10% (400kev,Cs137:05%~10%、1000kev,1500kev:02%~10%)	建屋中央付近:50% 壁付近:40%	建屋中央付近:40% 壁付近:20%	建屋中央付近:30% 壁付近:10%	建屋中央付近:20% 壁付近:10%		
木造住宅*		建屋中央付近、窓付近:04%~20% (400kev,Cs137:10%~20%、1000kev,1500kev:04%~10%)		建屋中央付近:40% 壁付近:30%	建屋中央付近:30% 壁付近:20%	建屋中央付近:30% 壁付近:10%		

* 木造住宅の値は、本事業の調査結果に基づいて、防火木造住宅:非防火木造住宅=34.41及び窯業系サイディング材を代表壁材とした場合の重み付け平均値

木造共同・長屋建て住宅

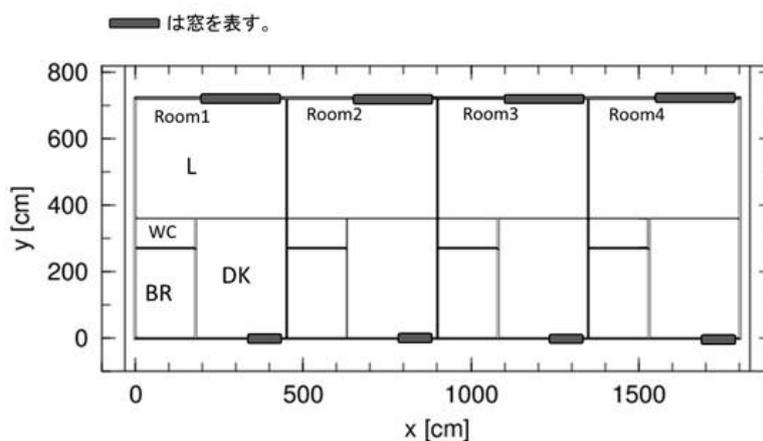
壁材

外装材			内装材		
名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)	名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)
窯業系サイディング材	1.6	1.1	板張り	1.2	0.38
金属サイディング材	0.03	7.86			
モルタル	1.5	1.3			
軽量気泡コンクリート	3.5	0.5			
セラミックタイル	0.8	2.1			
木製サイディング材	1.8	0.38			

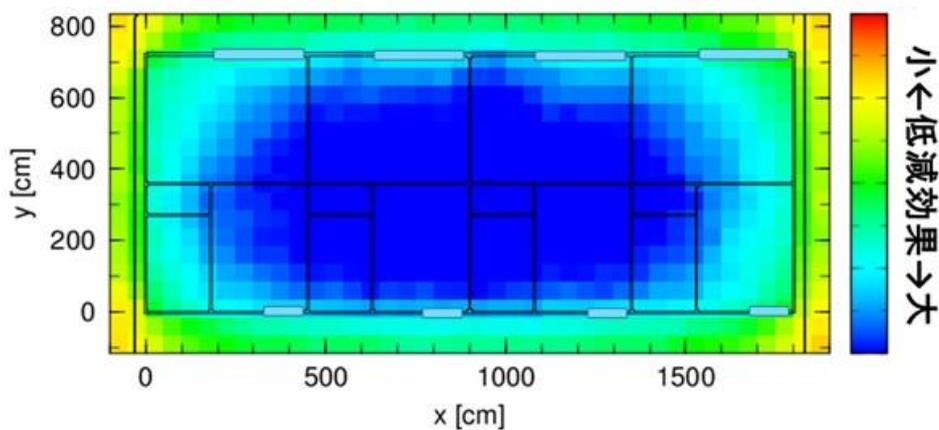
屋根

野地板厚さ 9 mm、野地板密度 0.38 g cm⁻³、スレート屋根厚さ 5.0 mm、屋根密度 1.5 g cm⁻³。

間取り



間取り図 (1階、2階ともに共通)



グラウンドシャイン時の被ばく低減効果のコンター図 (1階、窯業系サイディング材)

二階建て木造共同・長屋建て住宅の外装材及び被ばく経路ごとの被ばく低減効果

		クラウドシャイン	グラウンドシャイン					
			屋根及び壁汚染濃度比(対地表面濃度)					
			汚染なし	屋根:50% 壁:10%	屋根:100% 壁:1%	屋根:100% 壁:10%		
1F	木製サイディング材	建屋中央付近、窓付近:10%~30% (400kev,Cs137:20%~30%、1000kev,1500kev:10%~20%)	建屋中央付近:50% 壁付近:30%	建屋中央付近:40% 壁付近:30%	建屋中央付近:40% 壁付近:30%	建屋中央付近:40% 壁付近:20%		
	金属サイディング材							
	セラミックタイル	建屋中央付近、窓付近:10%~30% (400kev,Cs137:20%~30%、1000kev,1500kev:10%~30%)	建屋中央付近:50% 壁付近:40%	建屋中央付近:50% 壁付近:30%		建屋中央付近:40% 壁付近:30%		
	窯業系サイディング材							
	軽量気泡コンクリート							
	モルタル						建屋中央付近、窓付近:20%~30% (400kev,Cs137:20%~30%、1000kev,1500kev:20%~30%)	
2F	木製サイディング材	建屋中央付近、窓付近:04%~20% (400kev,Cs137:10%~20%、1000kev,1500kev:04%~20%)	建屋中央付近:50% 壁付近:40%	建屋中央付近:40% 壁付近:30%	建屋中央付近:30% 壁付近:30%	建屋中央付近:30% 壁付近:20%		
	金属サイディング材							
	セラミックタイル	建屋中央付近、窓付近:10%~20% (400kev,Cs137:10%~20%、1000kev,1500kev:10%~20%)				建屋中央付近:50% 壁付近:40%	建屋中央付近:40% 壁付近:30%	建屋中央付近:30% 壁付近:30%
	窯業系サイディング材							
	軽量気泡コンクリート							
	モルタル							

鉄骨造戸建て住宅

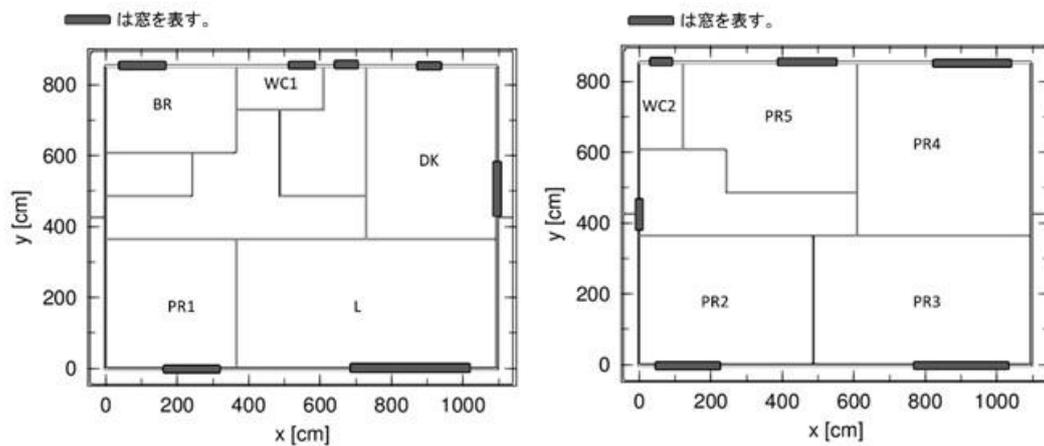
壁材

外装材			内装材		
名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)	名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)
窯業系サイディング材	1.6	1.1	石膏ボード張り	0.95	0.7
金属サイディング材	0.03	7.86			
モルタル	1.5	1.3			
軽量気泡コンクリート	5.0	0.5			
セラミックタイル	0.8	2.1			

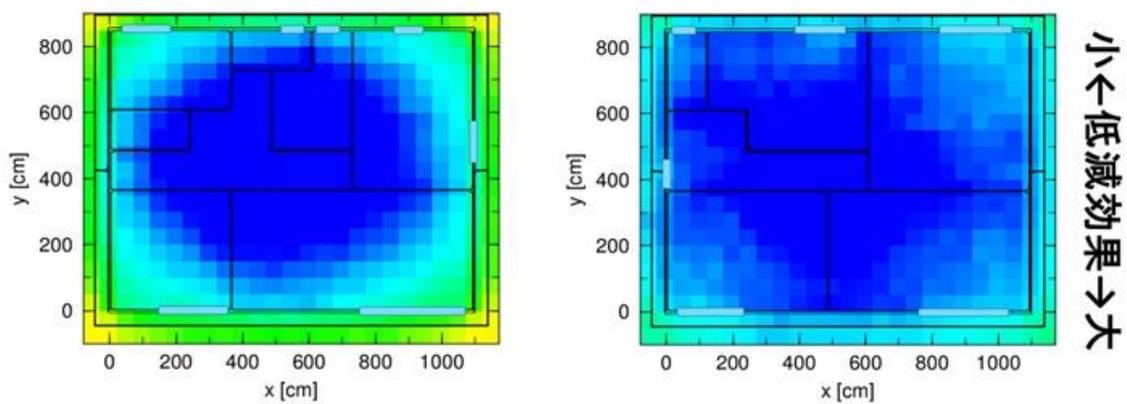
屋根

野地板厚さ 9 mm、野地板密度 0.38 g cm⁻³、スレート屋根厚さ 5.0 mm、屋根密度 1.5 g cm⁻³。

間取り



間取り図 (左: 1階、右: 2階)



グラウンドシャイン時の被ばく低減効果のコンター図 (左: 1階、右: 2階)

二階建て鉄骨造住宅の外装材及び被ばく経路ごとの被ばく低減効果

		クラウドシャイン	グラウンドシャイン			
			屋根及び壁汚染濃度比(対地表面濃度)			
			汚染なし	屋根:50% 壁:10%	屋根:100% 壁:1%	屋根:100% 壁:10%
1F	金属サイディング材	建屋中央付近、窓付近:10%~40% (400kev,Cs137:20%~40%、1000kev,1500kev:10%~30%)	建屋中央付近:50% 壁付近:30%			建屋中央付近:40% 壁付近:20%
	窯業系サイディング材					
	モルタル	建屋中央付近、窓付近:20%~40% (400kev,Cs137:20%~40%、1000kev,1500kev:20%~30%)	建屋中央付近:60% 壁付近:40%	建屋中央付近:50% 壁付近:30%	建屋中央付近:50% 壁付近:30%	建屋中央付近:50% 壁付近:30%
	セラミックタイル					
	軽量気泡コンクリート	建屋中央付近、窓付近:20%~40% (400kev,Cs137:30%~40%、1000kev,1500kev:20%~30%)				
2F	金属サイディング材	建屋中央付近、窓付近:04%~30% (400kev,Cs137:10%~30%、1000kev,1500kev:04%~20%)			建屋中央付近:30% 壁付近:30%	建屋中央付近:30% 壁付近:20%
	窯業系サイディング材		建屋中央付近:50% 壁付近:40%	建屋中央付近:40% 壁付近:30%		建屋中央付近:40% 壁付近:30%
	モルタル	建屋中央付近、窓付近:10%~30% (400kev,Cs137:10%~30%、1000kev,1500kev:10%~20%)			建屋中央付近:40% 壁付近:30%	建屋中央付近:30% 壁付近:30%
	セラミックタイル					
	軽量気泡コンクリート	建屋中央付近、窓付近:10%~30% (400kev,Cs137:20%~30%、1000kev,1500kev:10%~20%)	建屋中央付近:60% 壁付近:50%	建屋中央付近:50% 壁付近:40%		建屋中央付近:40% 壁付近:30%

鉄骨造共同・長屋建て住宅

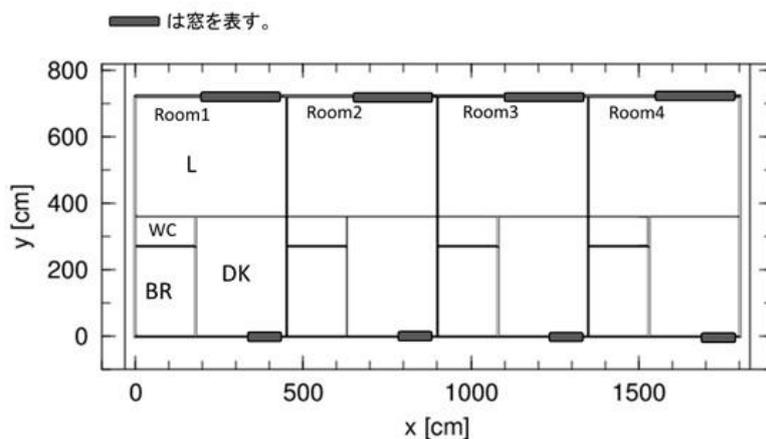
壁材

外装材			内装材		
名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)	名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)
窯業系サイディング材	1.6	1.1	石膏ボード張り	0.95	0.7
金属サイディング材	0.03	7.86			
モルタル	1.5	1.3			
軽量気泡コンクリート	5.0	0.5			
セラミックタイル	0.8	2.1			

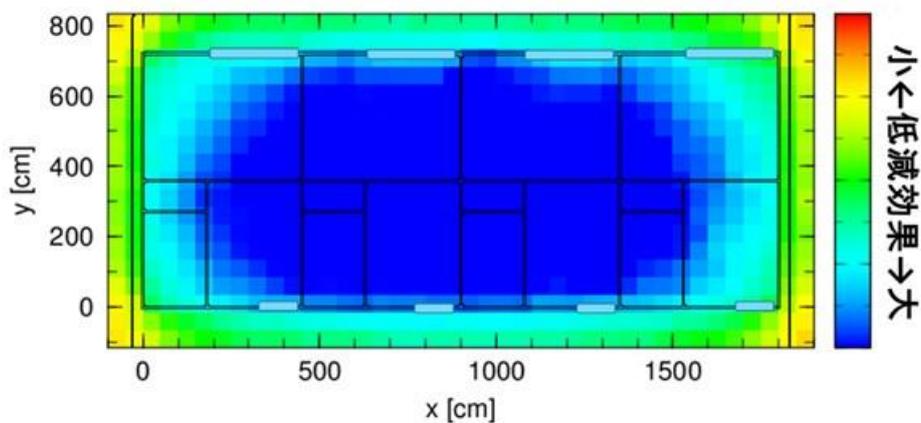
屋根

野地板厚さ 9 mm、野地板密度 0.38 g cm⁻³、スレート屋根厚さ 5.0 mm、屋根密度 1.5 g cm⁻³。

間取り



間取り図 (1階、2階ともに共通)



グラウンドシャイン時の被ばく低減効果のコンター図 (1階、窯業系サイディング材)

二階建て鉄骨造共同・長屋建て住宅の外装材及び被ばく経路ごとの被ばく低減効果

		クラウドシャイン	グラウンドシャイン					
			屋根及び壁汚染濃度比(対地表面濃度)					
			汚染なし	屋根: 50% 壁: 10%	屋根: 100% 壁: 1%	屋根: 100% 壁: 10%		
1F	金属サイディング材	建屋中央付近、窓付近: 10%~40% (400keV,Cs137:20%~40%、1000keV,1500keV:10%~30%)	建屋中央付近: 50% 壁付近: 30%	建屋中央付近: 50% 壁付近: 30%	建屋中央付近: 40% 壁付近: 30%	建屋中央付近: 40% 壁付近: 20%		
	セラミックタイル	建屋中央付近、窓付近: 20%~40% (400keV,Cs137:20%~40%、1000keV,1500keV:20%~30%)	建屋中央付近: 60% 壁付近: 40%		建屋中央付近: 50% 壁付近: 30%	建屋中央付近: 40% 壁付近: 30%	建屋中央付近: 40% 壁付近: 30%	
	窯業系サイディング材	建屋中央付近、窓付近: 20%~40% (400keV,Cs137:30%~40%、1000keV,1500keV:20%~30%)				建屋中央付近: 50% 壁付近: 30%	建屋中央付近: 50% 壁付近: 30%	建屋中央付近: 50% 壁付近: 30%
	モルタル							
	軽量気泡コンクリート							
2F	金属サイディング材	建屋中央付近、窓付近: 10%~30% (400keV,Cs137:10%~30%、1000keV,1500keV:10%~20%)	建屋中央付近: 50% 壁付近: 40%	建屋中央付近: 40% 壁付近: 30%	建屋中央付近: 30% 壁付近: 30%	建屋中央付近: 30% 壁付近: 20%		
	セラミックタイル	建屋中央付近、窓付近: 10%~30% (400keV,Cs137:20%~30%、1000keV,1500keV:10%~20%)	建屋中央付近: 60% 壁付近: 40%		建屋中央付近: 50% 壁付近: 30%	建屋中央付近: 40% 壁付近: 30%	建屋中央付近: 30% 壁付近: 30%	
	窯業系サイディング材					建屋中央付近: 60% 壁付近: 50%	建屋中央付近: 40% 壁付近: 30%	建屋中央付近: 40% 壁付近: 30%
	モルタル							
	軽量気泡コンクリート							

鉄筋コンクリート造戸建て住宅

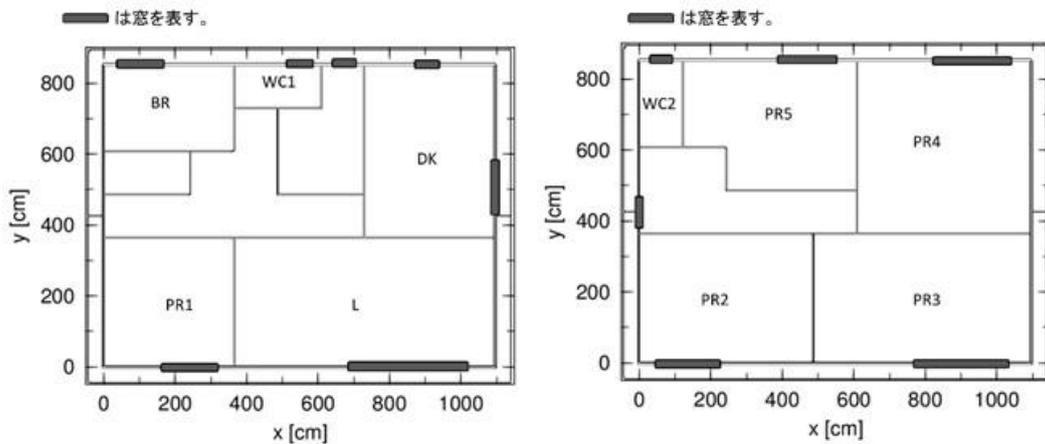
壁材

外装材			内装材		
名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)	名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)
コンクリート	15.0	2.1	-	-	-

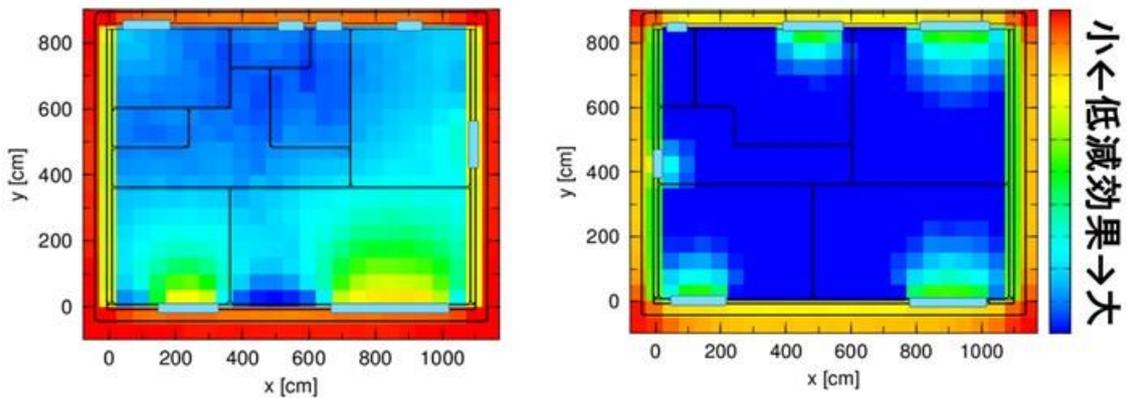
屋根

屋根厚さ 150 mm、屋根密度 2.1 g cm⁻³。

間取り



間取り図 (左:1階、右:2階)



グラウンドシャイン時の被ばく低減効果のコンター図 (左:1階、右:2階)

二階建て鉄筋コンクリート戸建住宅の各階及び被ばく経路ごとの被ばく低減効果

	クラウドシャイン	グラウンドシャイン			
		屋根及び壁汚染濃度比(対地表面濃度)			
		汚染なし	屋根:50% 壁:10%	屋根:100% 壁:1%	屋根:100% 壁:10%
1F	建屋中央付近、窓付近:70%~90% (400kev,Cs137:70%~90%、1000kev,1500kev:70%~90%)	建屋中央付近:90% 壁付近:70%	建屋中央付近:90% 壁付近:60%	建屋中央付近:90% 壁付近:60%	建屋中央付近:90% 壁付近:60%
2F	建屋中央付近、窓付近:60%~90% (400kev,Cs137:70%~90%、1000kev,1500kev:60%~80%)	建屋中央付近:90% 壁付近:80%	建屋中央付近:90% 壁付近:80%	建屋中央付近:90% 壁付近:80%	建屋中央付近:90% 壁付近:80%

鉄筋コンクリート造共同・長屋建て住宅

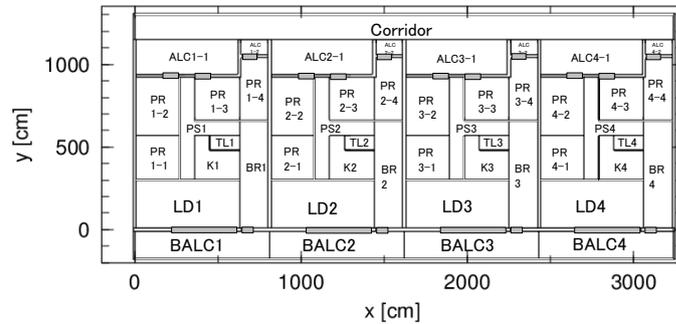
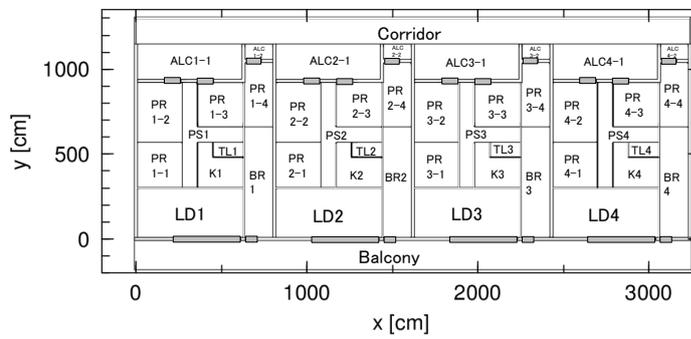
壁材

外装材			内装材		
名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)	名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)
コンクリート	180	2.1	-	-	-

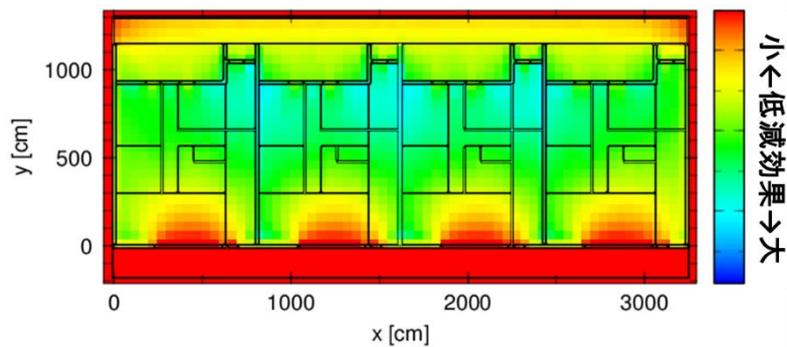
屋根

屋根厚さ 200 mm、屋根密度 2.1 g cm⁻³。

間取り



間取り図 (上: 1階、下: 2~5階)



グラウンドシャイン時の被ばく低減効果のコンター図 (1階)

鉄筋コンクリート共同住宅の各階及び被ばく経路ごとの被ばく低減効果

	クラウドシャイン	グラウンドシャイン			
		屋根及び壁汚染濃度比(対地表面濃度)			
		汚染なし	屋根: 50% 壁: 10%	屋根: 100% 壁: 1%	屋根: 100% 壁: 10%
1F	建屋中央付近、窓付近: 80%~99% (400kev,Cs137:80%~99%、1000kev,1500kev:80%~98%)	建屋中央付近: 97% 壁付近: 70%	建屋中央付近: 97% 壁付近: 70%	建屋中央付近: 97% 壁付近: 70%	建屋中央付近: 97% 壁付近: 70%
2F		建屋中央付近: 99% 壁付近: 90%	建屋中央付近: 99% 壁付近: 90%	建屋中央付近: 99% 壁付近: 90%	建屋中央付近: 99% 壁付近: 90%
3F					
4F					
5F					

体育館

壁材

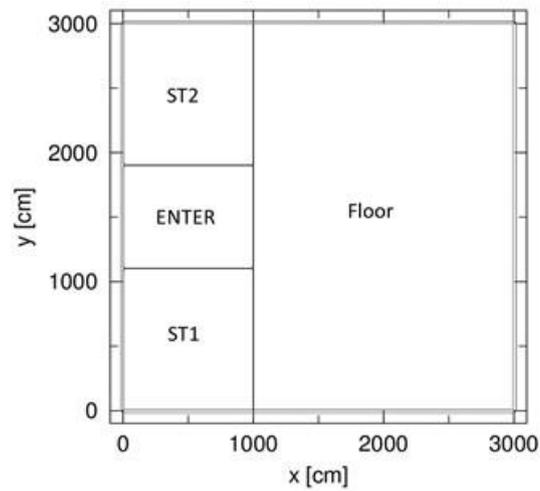
外装材			内装材		
名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)	名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)
コンクリート	15	2.1	ラワン合板	1.4	0.45

屋根

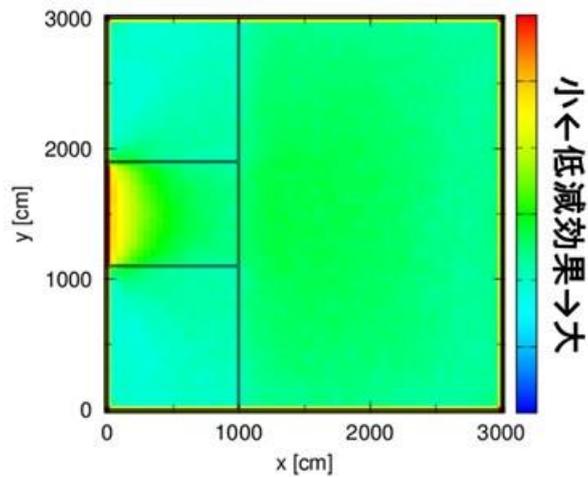
屋根厚さ ステンレス鋼+木毛セメント板 3.1 cm

屋根密度 ステンレス鋼 7.86 g cm⁻³、木毛セメント板 0.76 g cm⁻³

間取り



間取り図



グラウンドシャイン時の被ばく低減効果のコンター図

体育館の被ばく経路毎の被ばく低減効果

	クラウドシャイン	グラウンドシャイン			
		屋根及び壁汚染濃度比(対地表面濃度)			
		汚染なし	屋根:50% 壁:10%	屋根:100% 壁:1%	屋根:100% 壁:10%
体育館	建屋中央付近、窓付近:50%~85% (400kev,Cs137:50%~85%、1000kev,1500kev:50%~76%)	建屋中央付近:91% 壁付近:76%	建屋中央付近:88% 壁付近:70%	建屋中央付近:85% 壁付近:68%	建屋中央付近:85% 壁付近:67%

学校

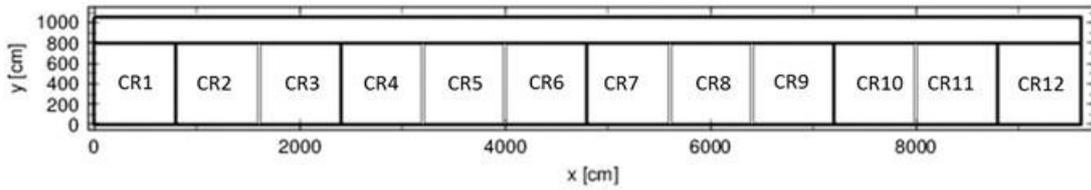
壁材

外装材			内装材		
名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)	名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)
コンクリート	15	2.1	—	—	—

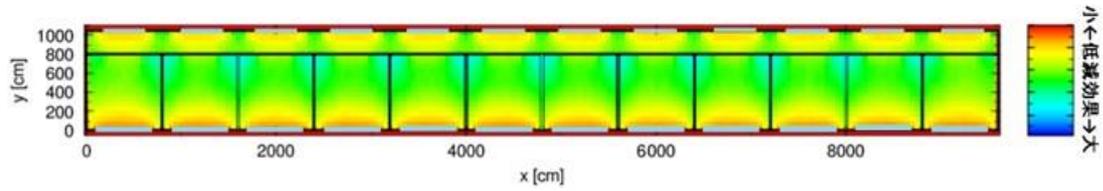
屋根

コンクリート 厚さ 14 cm

間取り



間取り図 (1~3 階)



グラウンドシャイン時の被ばく低減効果のコンター図 (1 階)

学校の各階及び被ばく経路ごとの被ばく低減効果

	クラウドシャイン	グラウンドシャイン			
		屋根及び壁汚染濃度比(対地表面濃度)			
		汚染なし	屋根:50% 壁:10%	屋根:100% 壁:1%	屋根:100% 壁:10%
1F	建屋中央付近、窓付近:60%~98% (400kev,Cs137:70%~98%、1000kev,1500kev:60%~97%)	建屋中央付近:97% 壁付近:80%	建屋中央付近:97% 壁付近:70%	建屋中央付近:97% 壁付近:80%	建屋中央付近:97% 壁付近:70%
2F	建屋中央付近、窓付近:60%~98% (400kev,Cs137:70%~98%、1000kev,1500kev:60%~96%)	建屋中央付近:98% 壁付近:80%	建屋中央付近:98% 壁付近:80%	建屋中央付近:98% 壁付近:80%	建屋中央付近:98% 壁付近:80%
3F	建屋中央付近、窓付近:60%~97% (400kev,Cs137:60%~97%、1000kev,1500kev:60%~94%)	建屋中央付近:99% 壁付近:88%	建屋中央付近:98% 壁付近:86%	建屋中央付近:98% 壁付近:86%	建屋中央付近:98% 壁付近:85%

病院

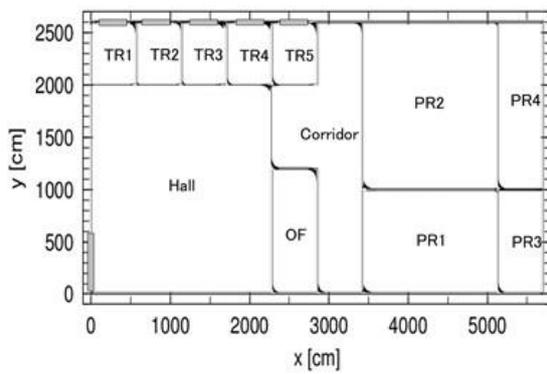
壁材

外装材			内装材		
名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)	名称	厚さ (cm)	密度 (g cm ⁻³)
コンクリート	15.75	2.1	—	—	—

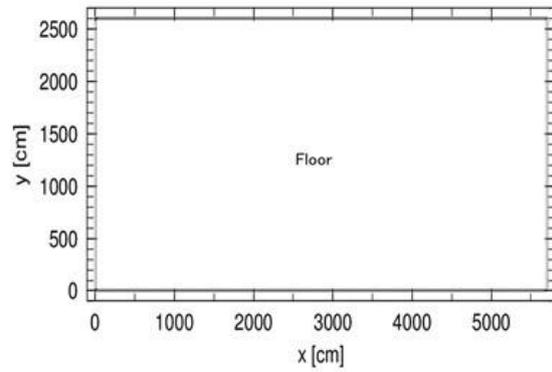
屋根

コンクリート 厚さ15cm

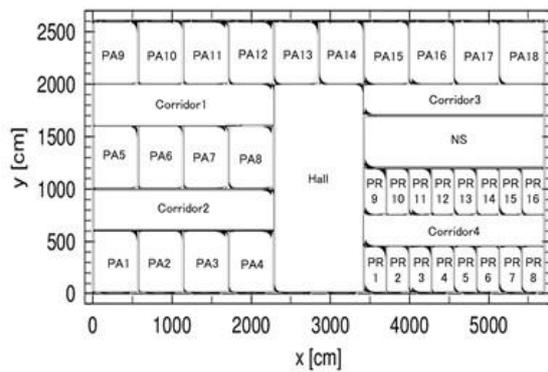
間取り



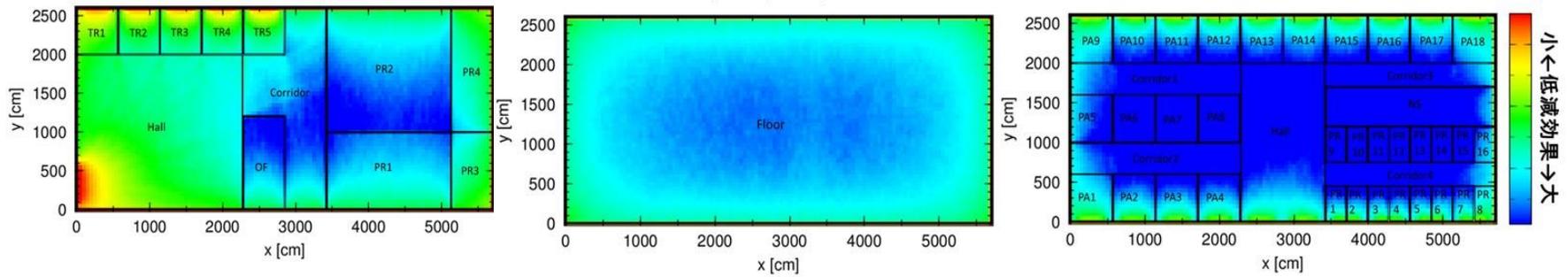
間取り図 (1階)



間取り図 (2階、3階)



間取り図 (4~6階)



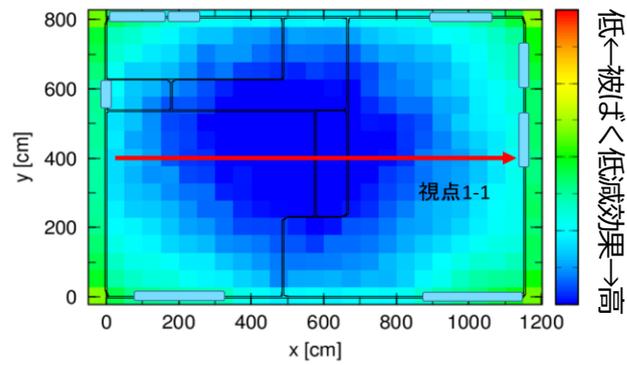
グラウンドシャイン時の被ばく低減効果のコンター図 (左: 1階、中: 2階、右: 4階)

病院の各階に対する被ばく低減効果

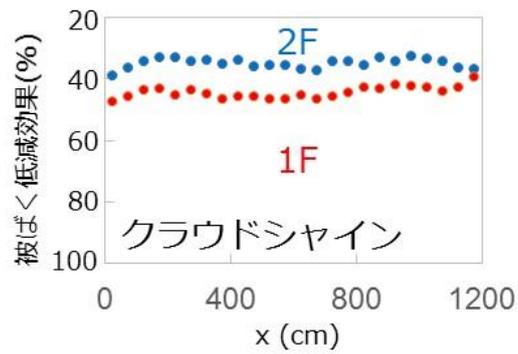
	クラウドシャイン	グラウンドシャイン			
		屋根及び壁汚染濃度比(対地表面濃度)			
		汚染なし	屋根:50% 壁:10%	屋根:100% 壁:1%	屋根:100% 壁:10%
1F	建屋中央付近、窓付近:60%~99.8% (400kev,Cs137:70%~99.8%、1000kev,1500kev:60%~99%)	建屋中央付近:99% 壁付近:60%	建屋中央付近:99% 壁付近:60%	建屋中央付近:99% 壁付近:60%	建屋中央付近:99% 壁付近:60%
2F	建屋中央付近、窓付近:90%~99% (400kev,Cs137:90%~99%、1000kev,1500kev:90%~98%)	建屋中央付近:99% 壁付近:90%	建屋中央付近:99% 壁付近:90%	建屋中央付近:99% 壁付近:90%	建屋中央付近:99% 壁付近:90%
3F	建屋中央付近、窓付近:90%~99% (400kev,Cs137:90%~99%、1000kev,1500kev:90%~97%)	建屋中央付近:99% 壁付近:96%	建屋中央付近:99% 壁付近:95%	建屋中央付近:99% 壁付近:96%	建屋中央付近:99% 壁付近:95%
4F	建屋中央付近、窓付近:60%~99.8% (400kev,Cs137:70%~99.8%、1000kev,1500kev:60%~99.5%)	建屋中央付近:99.9% 壁付近:90%	建屋中央付近:99.9% 壁付近:90%	建屋中央付近:99.9% 壁付近:90%	建屋中央付近:99.9% 壁付近:90%
5F	建屋中央付近、窓付近:60%~99.8% (400kev,Cs137:70%~99.8%、1000kev,1500kev:60%~99%)				
6F	建屋中央付近、窓付近:60%~99% (400kev,Cs137:60%~99%、1000kev,1500kev:60%~97%)				

防護効果を高めるための行動

- ・窓や外壁付近では被ばく低減効果が低くなるため、窓や外壁から離れて部屋の中央付近に避難すること



- ・特にブルーム通過時における外部被ばく低減効果を高める観点から、2階建て住宅の場合には1階に避難すること



吸入被ばく

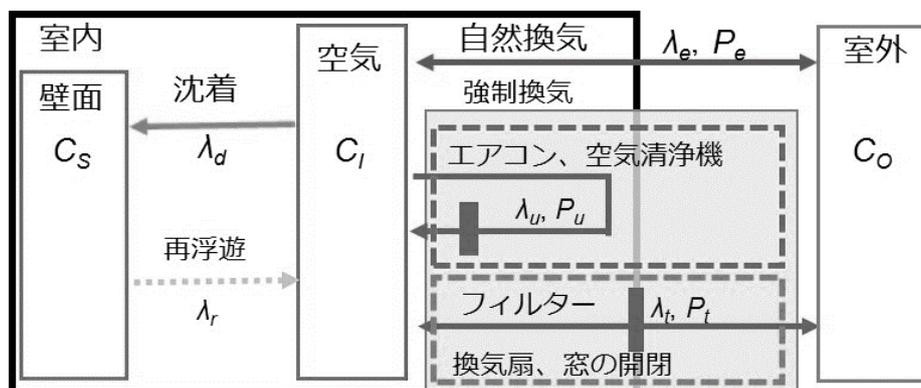
被ばく低減効果の定義

被ばく低減効果の定義は以下の式で表されるように、外に滞在したときと比べて、屋内退避することにより、吸入被ばくによる被ばく線量がどの程度低減されたかを示す指標である。ここではヨウ素を対象とした場合である。

$$\text{被ばく低減効果 (\%)} = \left(1 - \frac{\text{プルーム通過から家屋内に滞在した場合の積算甲状腺等価線量}}{\text{プルーム通過から家屋外に滞在した場合の積算甲状腺等価線量}} \right) \times 100$$

計算方法

被ばく低減効果を求めるために、家屋内外の甲状腺等価線量の情報が必要である。甲状腺等価線量はプルーム通過からの積算大気中濃度に放射能から甲状腺等価線量への換算係数を掛けることによって計算される。ここで家屋内外の空気交換仮定を模擬したコンパートメントモデルを用いて大気中放射能濃度を計算した。



コンパートメントモデル概要図。C は各コンパートメントの大気中濃度、 λ は各コンパートメント間の移行速度、P は浸透率⁹。

計算条件

再浮遊速度 λ_r は 0 とした。

プルーム通過経過時間は福島事故時の線量率の時間変化を基に 30 分と仮定。プルーム通過期間中の放射能濃度は常に 1 Bq m^{-3} とし、プルーム通過後瞬時に 0 になるとする。強制換気は動かさないとし、 λ_u 、 λ_u は 0 とした。

沈着速度 λ_d は文献調査を基に粒子状の場合に 0.5 h^{-1} 、ガス状の場合に 0 h^{-1} とした。

浸透率 P_e は文献調査を基に粒子状の場合に 0.75、ガス状の場合に 0 とした。

核種組成は全てガス状または粒子状とした。

⁹ 浸透率の定義は本来室外から浸入する物質の量に対する、隙間の壁面等に付着せずに実際に室内に浸入した物質の割合である。

全てガス状の場合の被ばく低減効果 (%)

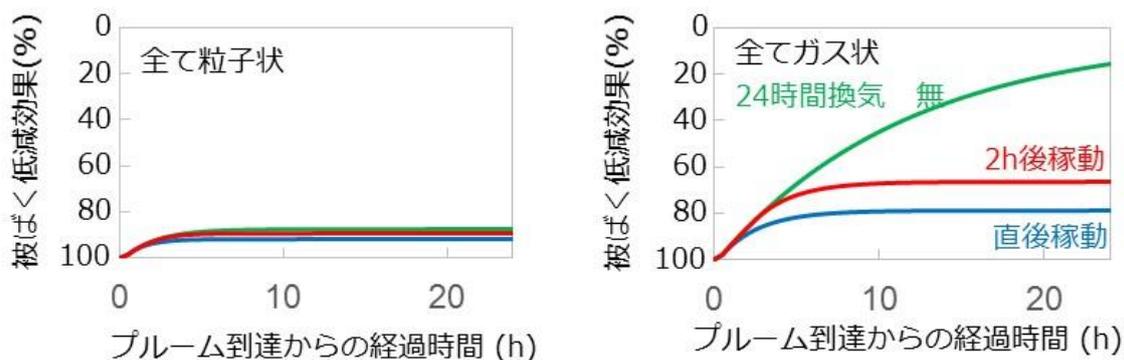
建築年	自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)			
		0.5 (プルーム通過直後)	6	12	24
～1980	0.8～1.0	80～85	0～10	0	0
1980～1992	0.3～0.4	90～95	15～25	5	0
1992～	0.1～0.3	95～100	25～60	5～40	0～15

全て粒子状の場合の被ばく低減効果 (%)

建築年	自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)			
		0.5 (プルーム通過直後)	6	12	24
～1980	0.8～1.0	90	50～55	50～55	50～55
1980～1992	0.3～0.4	95	65～75	65～75	65～75
1992～	0.1～0.3	100	75～90	75～90	75～90

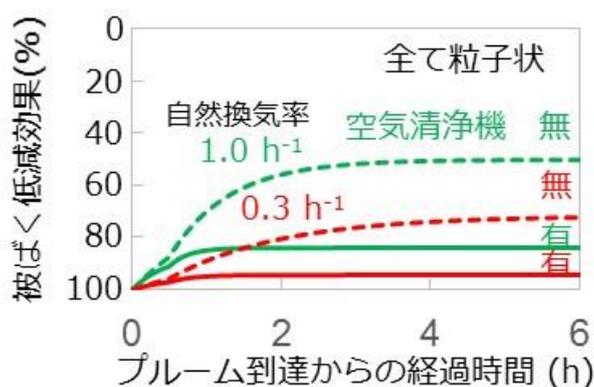
防護効果を高めるための行動

・プルーム通過を判断することができれば、室内の放射性物質を室外に追い出すために、プルーム通過後に24時間換気等を使用すること。ただし、プルーム通過中に24時間換気等を使用すると、吸入被ばくが増加する可能性があるため、プルーム通過が判断できない場合は24時間換気等を使用しないこと。



被ばく低減効果の時間変化 (左：全て粒子状の場合、右：全てガス状の場合)。計算条件の変更点：自然換気率 λ_e を 0.1 h^{-1} に固定、プルーム通過後の強制換気率 λ_f を $0 \rightarrow 0.4 \text{ h}^{-1}$ 、強制換気の浸透率 P_f は 1 のまま。24 時間換気は部屋全体の換気率が 0.5 h^{-1} になるように設定されている。

・特に粒子状物質の吸入被ばく低減効果を高める観点から、空気清浄機を所有している場合、稼動させること。



空気清浄機を使用した場合の被ばく低減効果の時間変化。計算条件の変更点：強制換気率 (循環率) λ_u を $0 \rightarrow 3.3 \text{ h}^{-1}$ 、強制換気の浸透率 P_u を $1 \rightarrow 0.01$ 。カタログ値を参照。

6. 参考文献

- Baltensperger U., Gaggeler H.W., Jost D.T., Zinder B. and Haller P. (1987): Chernobyl radioactivity in size-fractionated aerosol, *J. Aerosol Sci.*, **18**(6), pp.685–688.
- Bellamy R.R. (1981): Investigation into the air cleaning aspects of the Three Mile Island Accident, 16th DOE Nuclear Air Cleaning Conference, CONF-801038, **2**, pp. 1427–1441.
- Brenk H.D. and Witt H.D. (1987): Indoor inhalation exposure after nuclear accidents, *Radiat. Prot. Dosimet.*, **21**(1/3), pp.117–123.
- Byrne M.A. (1994): An experimental study of the deposition of aerosol on indoor surfaces, Ph. D. dissertation, Imperial College, London.
- Chen C. and Zhao B. (2011): Review of relationship between indoor and outdoor particles: I/O ratio, infiltration factor and penetration factor. *Atmos. Environ.*, **45**, pp. 275–288.
- EPA (1978): Protective Action Evaluation Part I, The effective of sheltering as a protective action against nuclear accidents involving gaseous releases, U.S. Environmental Protection Agency, EPA-520/1-78-001 A.
- Hussein T., Wierzbicka A., Londahl J., Lazaridis M. and Hanninen O. (2015): Indoor aerosol modeling for assessment of exposure and respiratory tract deposited dose, *Atmos. Environ.*, **106**, pp.402–411.
- ICRP (1995): Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides: Part 4 inhalation dose coefficients, ICRP Publication 71, *Ann. ICRP* **25** (3–4).
- ICRP (2012): Compendium of dose coefficients based on ICRP Publication 60, ICRP Publication 119, *Ann. ICRP* **41**.
- Kaneyasu N., Ohashi H., Suzuki F., Okuda T. and Ikemori F. (2012): Sulfate aerosol as a potential transport medium of radiocesium from the Fukushima nuclear accident, *Environ. Sci. Technol.*, **46**(11), pp.5720–5726.
- Kaupplén E.I., Hillamo R.E., Aaltonen S.H. and Sinkko K.T.S. (1986): Radioactivity size distributions of ambient aerosols in Helsinki, Finland, during May 1986 after Chernobyl accident: preliminary report. *Environ. Sci. Technol.*, **20**(12), pp. 1257–1259.
- Koutrakis P., Briggs S.L.K. and Leaderer B.P. (1992): Source apportionment of indoor aerosols in Suffolk and Onondaga counties, New York, *Environ. Sci. Technol.*, **26**(3), pp.521–527.
- Lai A.C.K. (2004): Particle deposition indoors: a review. *Indoor Air*, **12**, pp. 211–214.
- Lai A.C.K. and Nazaroff W.W. (2000): Modeling indoor particle deposition from turbulent flow onto smooth surfaces. *J. Aerosol Sci.*, **31**(4), pp. 463–476.
- Lebel L.S., Dickson R.S. and Glowa G.A. (2016): Radioiodine in the atmosphere after the Fukushima Dai-ichi nuclear accident. *J. Environ. Radioact.*, **151**, pp. 82–93.
- Lewis S. (1995): Solid particle penetration into enclosures, *J. Haz. Mat.*, **43**(3), pp.195–216.
- Liu D.L. and Nazaroff W.W. (2001): Modeling pollutant penetration across building envelopes. *Atmos. Environ.*, **35**, pp. 4451–4462.
- Liu D.L. and Nazaroff W.W. (2003): Particle penetration through building cracks. *Aerosol Sci. Technol.*, **37**, pp. 565–573.
- Mala H., Rulík P., Becková V., Mihalík J. and Slezáková M. (2013): Particle size distribution of radioactive aerosols after the Fukushima and the Chernobyl accidents. *J. Environ. Radioact.*, **126**, pp. 92–98.
- Maqua M., Bonka H. and Horn H.G. (1987): Deposition velocity and washout coefficient of radionuclides bound to aerosol particles and elemental radioiodine. *Radiat. Prot. Dosimet.*, **21**(1/3), pp. 43–49.
- Mcfarland A.R., Gong H., Muyschondt A., Wentz W.B. and Anand N.K. (1997): Aerosol deposition in bends

- with turbulent flow. *Environ. Sci. Technol.*, **31**, pp. 3371–3377.
- Mosley R.B., Greenwell D.J., Sparks L.E., Guo Z., Tucker W.G., Fortmann R. and Whitfield C. (2001): Penetration of ambient fine particles into the indoor environment. *Aerosol Sci. Technol.*, **34**, pp. 127–136.
- Nakamura Y. and Ohmomo Y. (1980a): Factors used for the estimation of gaseous radioactive iodine intake through vegetation-I; uptake of methyl iodine by spinach leaves, *Health Phys.*, **38**, pp. 307–314.
- Nakamura Y. and Ohmomo Y. (1980b): Factors used for the estimation of gaseous radioactive iodine intake through vegetation-II; uptake of elemental iodine by spinach leaves, *Health Phys.*, **38**, pp. 315–320.
- Noguchi H. and Murata M. (1988): Physicochemical speciation of airborne ¹³¹I in Japan for Chernobyl, *J. Environ. Radioact.*, **7**, pp. 65–74.
- Ogorodnikov B.I., Budyka A.K. and Skitovitch V.I. (1994): Radioactive aerosols near Chernobyl in 1986–1992, *J. Aerosol Sci.*, **25**, suppl. 1, pp.S269–S270.
- Opiolka S., Schmidt F. and Fissan H. (1994): Combined effects of electrophoresis and thermophoresis on particle deposition onto flat surfaces. *J. Aerosol Sci.*, **25**(4), pp. 665–671.
- Otani Y., Emi H., Kanaoka C. and Kato K. (1989): Determination of deposition velocity onto a wafer for particles in the size range between 0.03 and 0.8 μm. *J. Aerosol Sci.*, **20**(7), pp. 787–796.
- Ott W., Klepeis N. and Switzer P. (2007): Air change rates of motor vehicles and in-vehicle pollutant concentrations from secondhand smoke, *J. Exposure Sci. Environ. Epidemiol.*, pp. 1–14.
- Reist P.C. (1984): Introduction to aerosol science, Macmillan Publishing Company, New York.
- Roed J. (1991): Ingress of radioactive material into dwellings, *Radiat. Prot.*, **1**, pp.433–450.
- Sato T., Niita K., Matsuda N., Hashimoto S., Iwamoto Y., Noda S., Ogawa T., Iwase H., Nakashima H., Fukahori T., Okumura K., Kai T., Chiba S., Furuta T. and Sihver L. (2013): Particle and heavy ion transport code system PHITS, Version 2.52, *J. Nucl. Sci. Technol.* **50**(9), pp.913–923.
- Schnieder T., Bohgard M. and Gudmundsson A. (1994): A semi-empirical model for particle deposition onto facial skin and eyes. Role of air currents and electrical fields, *J. Aerosol Sci.*, **25**(3), pp.583–593.
- Sehmel G.A. (1973): Particle eddy diffusivities and deposition velocities for isothermal flow and smooth surfaces, *J. Aerosol Sci.*, **4**, pp.125–138.
- Sehmel G.A. (1980): Particle and gas dry deposition: A review, *Atmos. Environ.*, **14**, pp. 983–1011.
- Thatcher T.L., Lunden M.M., Revzan K.L., Sextro R.G. and Brown N.J. (2003): A concentration rebound method for measuring particle penetration and deposition in the indoor environment. *Aerosol Sci. Technol.*, **37**, pp. 275–288.
- Thornburg J., Ensor D.S., Rodes C.E., Lawless P.A., Sparks L.E. and Mosley R.B. (2001): Penetration of particles into buildings and associated physical factors. Part I: Model development and computer simulations, *Aerosol Sci. Technol.*, **34**, pp.284–294.
- Tschiersch J. and Georgi B. (1987): Chernobyl fallout size distribution in urban areas, *J. Aerosol Sci.*, **18**(6), pp.689–692.
- Tung T. C. W., Chao C. Y. H. and Burnett J. (1999): A methodology to investigate the particulate penetration coefficient through building shell, *Atmos. Environ.*, **33**(6), pp.881–893.
- Wallace L. (1996): Indoor particles: A review, *J. Air and Waste Manage. Assoc.*, **46**(2), pp.98–126.
- White M. C. (2003): Photoatomic data library MCPLIB04: A New Photoatomic Library Based On Data from ENDF/B-VI Release 8, LA-UR-03-1019.
- X-5 Monte Carlo Team.(2008): MCNP—A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 5, LA-UR-03-1987.

- You S. and Wan M.P. (2015): A risk assessment scheme of infection transmission indoors incorporating the impact of resuspension, *Risk Anal.*, **35**(8), pp.1488–1502.
- ALC 協会(2013): ALC パネル構造設計指針・同解説 平成 25 年 12 月.
- JIS1406 (1974): 屋内換気量測定方法 (炭酸ガス法), 日本規格協会.
- JIS A 5209(2014): セラミックタイル、日本規格協会.
- JIS A 5416(2016): 軽量気泡コンクリートパネル (ALC パネル), 日本規格協会.
- JIS A 5430 (2013): 繊維強化セメント板, 日本規格協会.
- JIS A 5422(2014): 窯業系サイディング, 日本規格協会.
- JIS A 6711(2004): 複合金属サイディング, 日本規格協会.
- 赤林伸一, 村上周三, 水谷国男, 高倉秀一 (1994): 周辺に建物群のある独立住宅の風圧分布に関する風洞実験および換気量予測その 1, 日本建築学会計画系論文集, **456**, pp.17–27.
- 旭トステム外装株式会社: 製品案内
<http://www.asahitostem.co.jp/product/default.php> (最終閲覧日:2017 年 3 月 22 日) .
- 一般財団法人建築環境・省エネルギー機構 (2015): 住宅の平成 25 年省エネルギー基準の解説.
一般財団法人日本木材総合情報センター: 木材とその技術
<http://www.jawic.or.jp/tech/qanda/052.php> (最終閲覧日:2017 年 3 月 16 日) .
- 伊藤一秀, 成川潤, 李坐 (2011): ナノスケール気中分散粒子の壁面沈着モデルの概要と感度解析
室内環境中のナノスケール気中分散粒子を対象とした CFD 解析用の壁面沈着モデル第 1 報, 日本建築学会環境系論文集, **76**(669), pp.973–979.
- 岩下剛, 坂元真樹, 赤坂裕 (1997): 夏季の集合住宅における居住者の在室状況と換気量及び室内空気汚染度の時刻変化に関する試験研究, 日本建築学会計画系論文集, **501**, pp.93–99.
- 鍵直樹, 柳宇, 池田耕一, 西村直也 (2011): 事務所建築物の規模による室内空気質の比較検討, 日本建築学会環境系論文集, **76**(659), pp.43–48.
- 株式会社アイコトリョーワ: 製品紹介
<https://www.ic-ryowa.com/products/> (最終閲覧日:2017 年 3 月 22 日) .
- 株式会社井助商店: 漆喰塗料
<http://www.isuke.co.jp/company/paint/kashinuru/index.html> (最終閲覧日:2017 年 3 月 22 日) .
- 株式会社トクヤマエムテック: 製品情報
<http://www.k-tokuyama.co.jp/product.html> (最終閲覧日:2017 年 3 月 22 日) .
- 株式会社ナガイ: 取扱い商品一覧/WEB カタログ
<https://www.nagai.co.jp/product/index.html> (最終閲覧日:2017 年 3 月 22 日) .
- 株式会社豊運: 製品紹介
<http://www.ho-un.co.jp/product/index.html#01> (最終閲覧日:2017 年 3 月 22 日) .
- 株式会社 LIXIL グループ: タイル建材
<http://www.lixil.co.jp/lineup/tile/> (最終閲覧日:2017 年 3 月 22 日) .
- ガラス工学ハンドブック (1999): 丸善.
- 菊田弘輝, 吉田卓生, 永沼純一, 羽山広文, 絵内正道, 阿部佑平 (2011): 高断熱・高气密住宅の室内環境と暖房エネルギー消費量に関する実態調査—札幌市内の北方型住宅を対象として—, 日本建築学会環境系論文集, **76**(659), pp.17–24.
- 倉渕隆 (2008): シックハウス対策としての 24 時間換気システムの現状, エアロゾル研究, **23**(4), pp.235–240.
- ケイミュー株式会社: 外壁材商品情報
<http://www.kmew.co.jp/shouhin/siding.html> (最終閲覧日:2017 年 3 月 22 日) .

国土交通省 (2007) : 公共交通機関の車両等に関する移動等円滑化整備ガイドライン (バリアフリー整備ガイドライン (車両等編)) , 平成 19 年 7 月.

財団法人建築環境・省エネルギー機構 (1999) : 住宅の次世代省エネルギー基準と指針.

財団法人住宅金融普及協会 (2011) : 【フラット 35】 S【フラット 35】 S(20 年金利引下げタイプ) 鉄筋コンクリート造等住宅工事仕様書 平成 22 年改訂 (全国版) .

齋藤宏昭, 服部哲幸, 松島加奈, 桑沢保夫, 石崎竜一, 澤地孝男, 瀬戸裕直, 井上隆 (2008) : 温暖地の木造住宅における部分断熱改修による熱性能改善効果の検証, 日本建築学会環境系論文集, **73**(632), pp.1163–1169.

謝静超, 吉野博, 菅原華子, 三田村輝章, 長谷川謙一, 源城かほり, 千葉 智成 (2007) : 東北地方の住宅 9 戸における 2 年間にわたるエネルギー消費量等の詳細分析, 日本建築学会環境系論文集, **618**, pp.17–22.

昭和電工建材株式会社: 電子カタログ
http://www.sdk-k.com/?page_id=1880 (最終閲覧日:2017 年 3 月 22 日) .

鈴木大陸 (2004) : 技術解説 土壁造住宅の断熱技法の開発, 日本建築総合試験所, **29**(3), pp2–11.

せんい強化セメント板協会 (2005) : 技術資料 スレートボード.

総務省統計局: 平成 17 年度医療施設実態調査
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001048224> (最終閲覧日 : 2016 年 12 月 16 日) .

総務省統計局: 平成 20 年度体育・スポーツ施設現況調査
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001077159&cycode=0> (最終閲覧日 : 2016 年 12 月 16 日) .

総務省統計局 (2013) : 平成 25 年住宅・土地統計調査
<http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/index.htm> (最終閲覧日 : 2017 年 3 月 15 日) .

太平洋マテリアル株式会社: カタログ
<https://www.taiheiyo-m.co.jp/catalog/> (最終閲覧日:2017 年 3 月 22 日) .

秩父コンクリート工業株式会社: 建築用資材
<http://www.chichicon.co.jp/kenchiku/#a02> (最終閲覧日:2017 年 3 月 22 日) .

チャンネルオリジナル株式会社: WILL WALL
<http://www.channel-o.co.jp/products/willwall.html> (最終閲覧日:2017 年 3 月 22 日) .

張会波, 吉野博, 村上周三, 坊垣和明, 田中俊彦, 赤林伸一, 阿部恵子 (2009) : 全国の住宅における室内湿度環境に関する分析, 日本建築学会技術報告集, **15**(30), pp.453–457.

東レ ACE 株式会社: 製品ラインアップ
<http://www.toray-ace.com/products/index.html> (最終閲覧日:2017 年 3 月 22 日) .

特定非営利活動法人湿式仕上げ技術センター: 防火材料検索
<http://www.npo-stc.jp/data/bouka/> (最終閲覧日:2017 年 3 月 22 日) .

独立行政法人住宅金融支援機構 (2015a) : 【フラット 35】 対応 木造住宅工事仕様書 平成 27 年度版.

独立行政法人住宅金融支援機構 (2015b) : 【フラット 35】 対応 枠組壁工法住宅工事仕様書 平成 27 年度版.

独立行政法人住宅金融支援機構: 公庫融資を利用した一戸建住宅の建築的事項の調査(過去分)
http://www.jhf.go.jp/about/research/tech_h11old_kodate.html (最終閲覧日:2017 年 3 月 16 日).

独立行政法人住宅金融支援機構: フラット 35 住宅仕様実態調査報告—在来木造工法の戸建て住宅—

http://www.jhf.go.jp/about/research/tech_flat35_siyou.html (最終閲覧日:2017年3月16日) .
 独立行政法人住宅金融支援機構: 平成11年度 公庫融資を利用した一戸建住宅の建築的事項

http://www.jhf.go.jp/about/research/tech_h11_kodate.html (最終閲覧日:2017年3月16日) .
 鳥海吉弘, 倉渕隆, 兼重るり子 (2016): 集合住宅における隙間の評価法に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, **81**(722), pp.385-391.

鳥海吉弘, 倉渕隆, 小寺定典 (2012): 集合住宅における常時換気システムを中心とした設備機器の使用実態に関するアンケート, 日本建築学会環境系論文集, **77**(674), pp.293-301.

高原省五, 渡邊正敏, 小栗朋美, 木村仁宣, 廣内淳, 宗像雅広, 本間俊充 (2016): 島根県内における原子力災害時の避難施設に関する研究 (受託研究), JAEA-Data/Code 2016-016.

中本造林株式会社: 取扱商品一覧 外装用

<http://www.nakamotozourin.co.jp/lineup2/exterior/> (最終閲覧日:2017年3月22日) .
 ニチハ株式会社: 金属製外壁材 センターサイディング

<http://www.nichiha.co.jp/wall/center/index.html> (最終閲覧日:2017年3月22日) .
 ニチハ株式会社: 窯業系サイディング

<http://www.nichiha.co.jp/wall/yogyo/index.html> (最終閲覧日:2017年3月22日) .
 日本化成株式会社: 左官用工事材

<http://www.nihonkasei.co.jp/products/plastering.html> (最終閲覧日:2017年3月22日) .
 日本建築学会 (2003): 建築工事標準仕様書 17番・ガラス工事.

日本建築仕上材工業会 (2005): 外壁モルタル仕上げの改修マニュアル-木造住宅偏-平成18年10月.

日本合板工業組合連合会: 構造用合板の手引き

<http://jpma.jp/data/index.html> (最終閲覧日:2017年3月22日) .
 日本サッシ協会 (2016): 住宅用建材使用状況調査 平成28年3月.

農林水産省: 平成26年木材統計

http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/mokuzai/pdf/mokuzai_14.pdf (最終閲覧日:2017年3月22日) .

野口泉, 山口高志, 川村美穂, 松本利恵, 松田和秀 (2011): 乾性沈着量評価のための沈着速度推計プログラムの更新, 環境科学研究センター所報, pp.21-31.

服部哲幸, 坂本雄三, 福田秀朗 (2008): 戸建住宅の熱損失係数に関する実用的現場実測法の開発と実測例, 日本建築学会技術報告集, **14**(28), pp.491-496.

林基哉, 大澤元毅 (2012): 内部健在からの化学物質の室内侵入経路に関する測定 木造軸組構法と木造枠組壁構法の戸建住宅の隙間ネットワーク, 日本建築学会環境系論文集, **77**(675), pp.375-382.

林基哉, 本間義規, 長谷川兼一, 金勲 (2015): 東日本大震災復興戸建住宅の簡易気密性能確認法 レンジファンと燃焼ガスの炭酸ガスを用いた1点法, 日本建築学会環境系論文集, **80**(716), pp.1013-1020.

藤川光利, 吉野博, 高木理恵, 奥山博康, 林基哉, 菅原正則 (2010): 居住者の呼気を用いた多数室換気量測定法に関する実験的研究, 日本建築学会環境系論文集, **75**(652), pp.499-508.

藤原陽三, 絵内正道, 鈴木憲三, 羽山広文 (2008): 北海道の高断熱・高気密住宅におけるセントラル暖房システムの運転実態に関する調査, 日本建築学会環境系論文集, **73**(628), pp.767-774.

二瀬窯業株式会社: カタログ・許可書一覧

http://futaseyogyo.co.jp/catalogue_honsya.html (最終閲覧日:2017年3月22日) .

- 古田琢哉, 高橋史明 (2014) : 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蔽効果及び線量低減効果の解析, JAEA-Research 2014-003.
- 萬羽郁子, 東実千代, 阿部弘明, 池田浩己 (2013) : 関西における 24 時間換気システムの運用に関する実態調査—居住者の運用状況に影響を及ぼす要因の検討—, 日本建築学技術報告集, **19**(42), pp.665–670.
- 溝口忠, 堀雅宏 (2008) : 集合住宅における空気環境改善のためのホルムアルデヒド・VOC・SVOC 測定に関する考察, 室内環境, **11**(2), pp.83–92.
- 三菱電機: 空調・換気・衛生カタログ,
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/ldg/ja/products/air/catalog/> (最終閲覧日: 2017 年 2 月 3 日).
- 三原邦彰, 吉野博, 三田村輝章, 鈴木憲高, 熊谷一清, 奥泉裕美子, 野口美由貴, 柳沢幸雄, 大澤元毅 (2004) : 居住状態の住宅 34 戸における換気量測定, 日本環境管理学会誌, **52**, pp.166–169.
- 村上周三, 吉野博 (1983) : 住宅の気密性能に関する調査研究, 日本建築学会論文報告集, **325**, pp.104–115.
- 村上周三, 坊垣和明, 田中俊彦, 羽山広文, 吉野博, 赤林伸一, 井上隆, 飯尾昭彦, 鉢井修一, 尾崎明仁, 石山洋平 (2006) : 全国の住宅 80 戸を対象としたエネルギー消費量の長期詳細調査 対象住宅の属性と用途別エネルギー消費量, 日本建築学会環境系論文集, **603**, pp.93–100.
- 村田幹生, 野口宏, 加藤正平, 国分守信, 奥山博康 (1989) : 家屋の放射能防護効果に関する研究(I) 家屋の自然換気回数および構造種別分布の調査, JAERI-M, 89-045.
- 文部科学省: 平成 28 年度 文部科学統計要覧
http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/002/002b/1368900.htm (最終閲覧日: 2016 年 12 月 16 日).
- 山下礼二, 島田学, 植林信一 (1991) : 気中浮遊粒子の沈着に及ぼす静電気力の影響の評価, 空気調和・衛生工学会論文集, **45**, pp.13–18.
- 吉岡誠記, 横山真太郎 (2010) : 北海道における病院設備設計データベースの作成 空気調和設備データを中心として, 日本建築学会環境系論文集, **75**(654), pp.727–733.
- 吉野博, 中村安季, 池田耕一, 野崎淳夫, 角田和彦, 北條祥子, 天野健太郎, 石川哲 (2009) : シックハウスにおける室内環境と居住者の健康に関する調査研究 –その 1 宮城県内の 62 軒の住宅における調査結果–, 日本建築学会環境系論文集, **74**(641), pp.803–809.
- 吉野博, 長谷川房雄, 松本博, 内海康雄, 赤林伸一, 牧田一志 (1987) : 仙台市の枠組み壁工法による戸建住宅における温度・空気環境およびエネルギー消費量の実態調査, 日本建築学会計画論文報告集, **375**, pp.17–27.
- 吉野博, 長谷川房雄, 内海康雄 (1984) : 住宅における自然換気量の予測に関する研究 その 2. 単室の場合の予測手法の検証及び気密性能と換気量との対応関係について, 日本建築学会学術講演梗概集.
- 吉野博, 長友宗重, 石川善美, 松本真一 (1995) : 戸建住宅 8 棟の熱損失係数に関する同時測定と設計値との比較, 日本建築学会計画系論文集, **473**, pp.7–14.
- 吉野博 (1990) : 住宅の気密性能とその基準に関する動向調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 4281.
- 林業試験場 (1958) : 木材工業ハンドブック, 丸善株式会社.

付録1 ヒヤリング調査

- (1) 訪問先 建築を専門とした大学教員
調査項目 自然換気率及び壁材に関する調査

訪問した研究室では、自然換気に関して様々な実験及びシミュレーションを行っており、それらに関する文献が多数報告されている。それ故、自然換気率の実験方法、自然換気に係るパラメータについて意見交換を行った。また、外部被ばくを計算する上で壁材などの情報を提供していただいた。有用な内容は以下のとおりである。

自然換気に関する知見

- 平成 27 年の報告書で使用した吉野他 (1984) の関係図は古いので、新しいものを使用したほうが良い (赤林他, 1994)。この文献では、風洞実験を基にグラフを作成したものであり、関数の一つとして建蔽率が備わっている。この関係図を使用する上での注意点は、一戸建て住宅にしか適用できなく、マンションなどの集合住宅には適用できない。また、風速は高度 10 m の値である。なお、赤林の関係図では温度差を考慮していないため、温度差を考慮する場合は吉野の関係図を用いても良い。
- グロス建蔽率を求める際、対象家屋の高さの 3 倍程度の範囲を考えればよい。また、建蔽率が 40% 以上になると、それ以上建蔽率が増加しても風圧が変わらないため、建蔽率を 40% と見なしても良い。
- 住宅の隙間はいたるところにある。例えば、天井と壁面の継ぎ目、壁面同士のつなぎ目などである。赤林研究室で行っているシミュレーション計算の場合、隙間を等間隔に配置して計算を行うことが多い。
- 自然換気に関する調査はシミュレーションでほとんど計算できるため、現在あまり行われていない。
- 最近の家屋では 24 時間換気を実装することが義務化されている。しかし、常時運転している家は 3 割程度。実装しても、騒音、寒さなどが原因で運転していない家庭が多い。また、運転させていなくても法令上違反になることはないので、運転するか否かの判断は住民に依存している。
- 外気を取り込む型のエアコンはダイキンが販売しているが、コストが他のエアコンと比べて高い等の理由によりほとんど売れていない。
- 実家屋試験では、対象家屋の屋上で風速を測定し、その風速と付近で周りの影響を受けない場所 (例えば JAEA) で測定した風速と比較し、風速の相関関係を調査し、もし相関があれば、周りの影響を受けない場所の風速を用いたほうが風速の精度としては良い。室内の CO₂ 濃度は均一にすべきであり、そのために CO₂ 放出点を増やす、扇風機を駆使するなどをしたほうが良い。CO₂ 測定は各階で家の中心付近で行ったほうが良い。簡易風速計をベランダで測定してもほとんど 0 となり、データとしては意味がない。温度測定は日向で行うべきではない。エアコンによる換気率の違いは出るかもしれないが、それは部屋の空気循環が異なるだけで、エアコンから外部空気が侵入することはほとんど考えられない。

外部被ばくに関する知見

- 石膏ボードは入れるべき。石膏ボードが発明されてからどの家屋でも使われている。窓ガ

ラスは3mmが普通。最近のペアガラスは窓(3mm)+空気(6mm)+窓(3mm)である。厚さ等は木造住宅工事仕様書を参考にすると良い。これは地域ごとに厚さの仕様がまとめられている。

- 外装材、内装材はメーカーにどの厚さが一番売れているかを聞けばよいのではないかと。
- 建築学会標準住宅があるので、それを建屋モデルに使ってはどうか。集合住宅はアイベックが標準の集合住宅を提案している。

その他

- 古い家は改修している可能性がある。ただし改修によって建築基準法を満たす家になったかは分からない。またそういったエビデンスを得ることは難しい。

(2) 訪問先 建築関連法人1 調査項目 住宅の壁厚等に関する調査

訪問した法人では、各メーカーの住宅の検定のために、見取り図を持っていると伺い、外部被ばくを計算する上で必要な壁材に関する情報を提供していただいた。有用な内容は以下のとおりである。

- 本法人において対象としているのは基準法の4号建築物であるため、建築確認が不要な住宅(1-3号建築物)に関する情報は把握していない。
- 木造住宅の柱の断面寸法は12cm×12cmが標準。木造住宅工事仕様書に記載がある。壁厚はそのプラスαである13.5-15cm(石膏ボード+断熱材+耐力壁+外壁)程度が普通である。
- 木造住宅の外壁に関する政府統計はない。メーカーのカタログを当たってみるとよい。(→社団法人 日本サッシ協会刊行の「住宅用建材使用状況調査」に住宅外壁に関する統計データあり)
- 窓面積が大きすぎると壁の地震に対する耐力が失われてしまう。一方、居室の採光という観点からも建築基準法に規定があり、住宅に関しては床面積の1/7以上という規定がある。また「採光補正係数」という考え方がある。
- 既製品の窓の大きさは1m×2m(大体畳の大きさ)が基準になるが、詳細はサッシメーカーのカタログをあたってみるとよい。
- 軽量鉄骨(プレハブ)住宅の壁に関する情報は、「プレハブ建築協会」がもしかしたら情報を持っているかもしれない。
- 鉄筋コンクリートに対しては壁厚に規定があるが、大体的な場合は規定よりも厚く施工される。
- 家の土台はほとんどが鉄筋コンクリートで出来ており、その厚さの最低基準は120mmであるが、ほとんどが150mm程度となっている。
- 木造、鉄骨造の場合、柱が等間隔(大体1m)存在しており、ところどころで筋かい(斜めの柱)がされている。
- 隙間相当面積を測定したデータは最近ほとんど見ない。

(3) 訪問先 建築メーカー 1
調査項目 建屋モデルに関する調査

訪問した建築メーカーでは、建築のモデル化を行った実績があり、外部被ばくを計算するための建築モデルについて情報を提供していただいた。有用な内容は以下のとおりである。

- グラウンドシャインの線源半径を 500 m の無限平板としているが、200 m 程度以内からの寄与がほとんどではないか。
- 無限線源中に建物が 1 軒建っている場合を想定しているが、実際には壁表面（木造住宅、コンクリート建物共に）への汚染があった場合、隣接する建屋がある場合、平板ではなく斜面があった場合、線源が埋まっている場合には 1 階よりも 2 階のほうが高くなる等の問題がある。
- 上記の観点で、単純なモデルで感度解析を実施すべきである。モデルが複雑すぎるし何を見ているかがよく分からない。

(4) 訪問先 建築メーカー 2
調査項目 建屋モデルに関する調査

訪問した建築メーカーでは、建築のモデル化を行った実績（JAEA-Research 2014-003 の建屋モデル検討に携わった）があり、外部被ばくを計算するための建築モデルについて情報を提供していただいた。有用な内容は以下のとおりである。

- 体育館の一例として、丸昇彦坂建設 HP から取得したカタログを頂いた。
- 設計に関する参考資料として、新建築設計ノート「学校」、「住宅」（彰国社）を紹介頂いた。ただし、一般的なものではなく特殊な建造物に偏っている。
- コンクリート建造物については、厚さは大体決まっているが、体育館の壁、天井の構造材の材質、厚さに関する一般的な公開資料はない。建屋主が持っている設計図面を当たってみるしかない。体育館に用いられている建材の材質は、設計者、発注者の好みによる所が大きく幅広いため、一般化のためにはある程度エイヤで決めなければならない箇所もあるだろう。
- 国土交通省の HP には、教育施設の建築に関する制約事項が載っている。
- 木材、石膏ボード等、建材に使われる材料の密度も大きな幅がある。代表的なものを採用するしかないかもしれない。

(5) 訪問先 建築メーカー 3
調査項目 建屋モデルに関する調査

訪問した建築メーカーでは、実際の建設業者の一つとして、外部被ばくを計算するために必要な情報を提供していただいた。有用な内容は以下のとおりである。

- ドアの大きさは 90 cm×180 cm など、建造物のサイズの単位は大体決まっている。

- 体育館の材質、厚さはまちまちである。設計図面を所有者に問い合わせるしかない。建設会社、設計事務所から図面を開示することは無い（コンプライアンス上の問題）

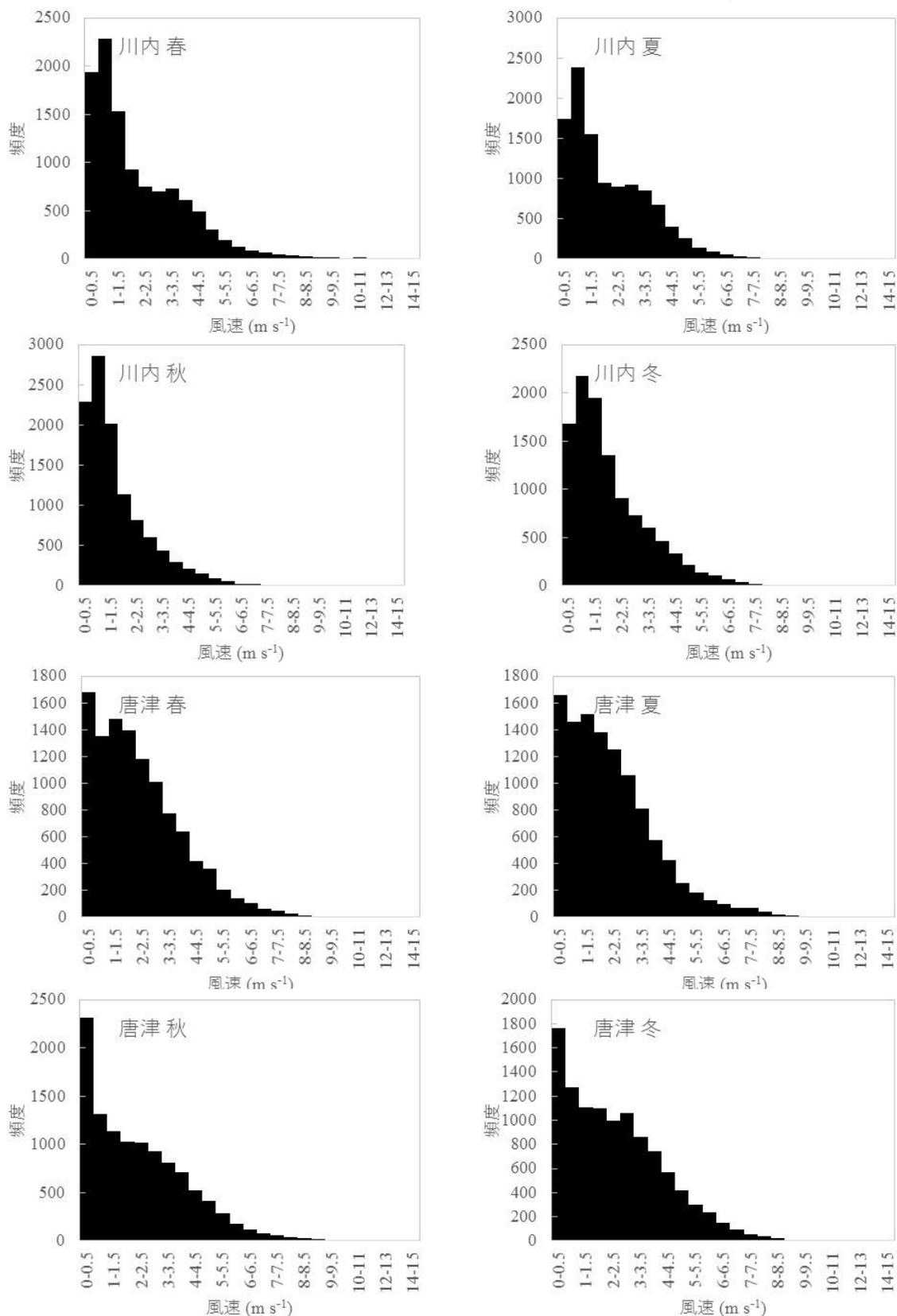
(6) 訪問先 建築関連法人 2
調査項目 建屋モデルに関する調査

訪問した法人では、プレハブ建築に関する調査研究、広報等の業務を行っており、建屋モデルに関する有用な情報を提供していただいた。有用な内容は以下のとおりである。

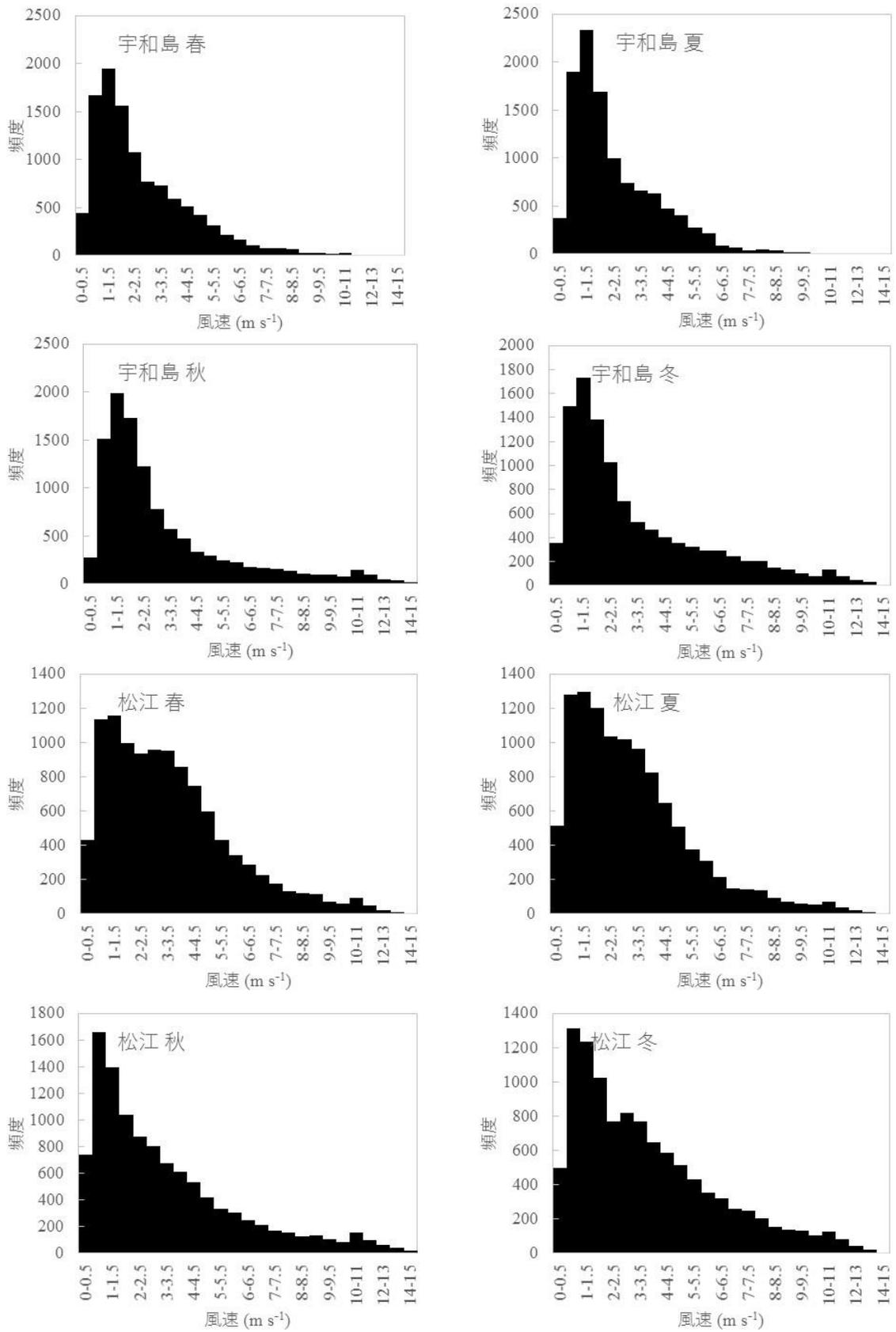
- プレハブ住宅の壁構造は、木造住宅の構造と一緒に、石膏ボード+断熱材+外壁材が基本構造。ただし、外壁材に使用される材料として ALC（軽量気泡コンクリート製）もある。ALC 製プレハブは旭化成建材。
- 石膏ボード厚さは 12.5 mm が標準。
- 外壁材としては、窯業サイディング材がもっとも多く使われている。その厚さは大体 16 mm ぐらい。外壁材のメーカーは、ニチハ株式会社、KMEU（ケイミュー）の二社。これらのカタログを当たってみるとよい。
- 断熱材の材質はグラスウールが普通であるが、発泡スチロール製のものもある。地域によって厚さは異なる。
- 密度は JIS 規格で規定されているものが多いので要確認。
- 壁材は決まった大きさ（面積）で加工され、その組み合わせで建築される。建築面積に応じて柱の数も変化するが、柱の間隔は壁材の大きさに応じて決まる。
- 筋交いで地震に対する耐力を持たせるので、壁自身に耐力を持たせることはない。
- 住宅展示場に足を運んでみるとよい。調査目的での訪問でも対応してくれるのではないかな？

付録2 原発立地付近の風速、温度調査の詳細

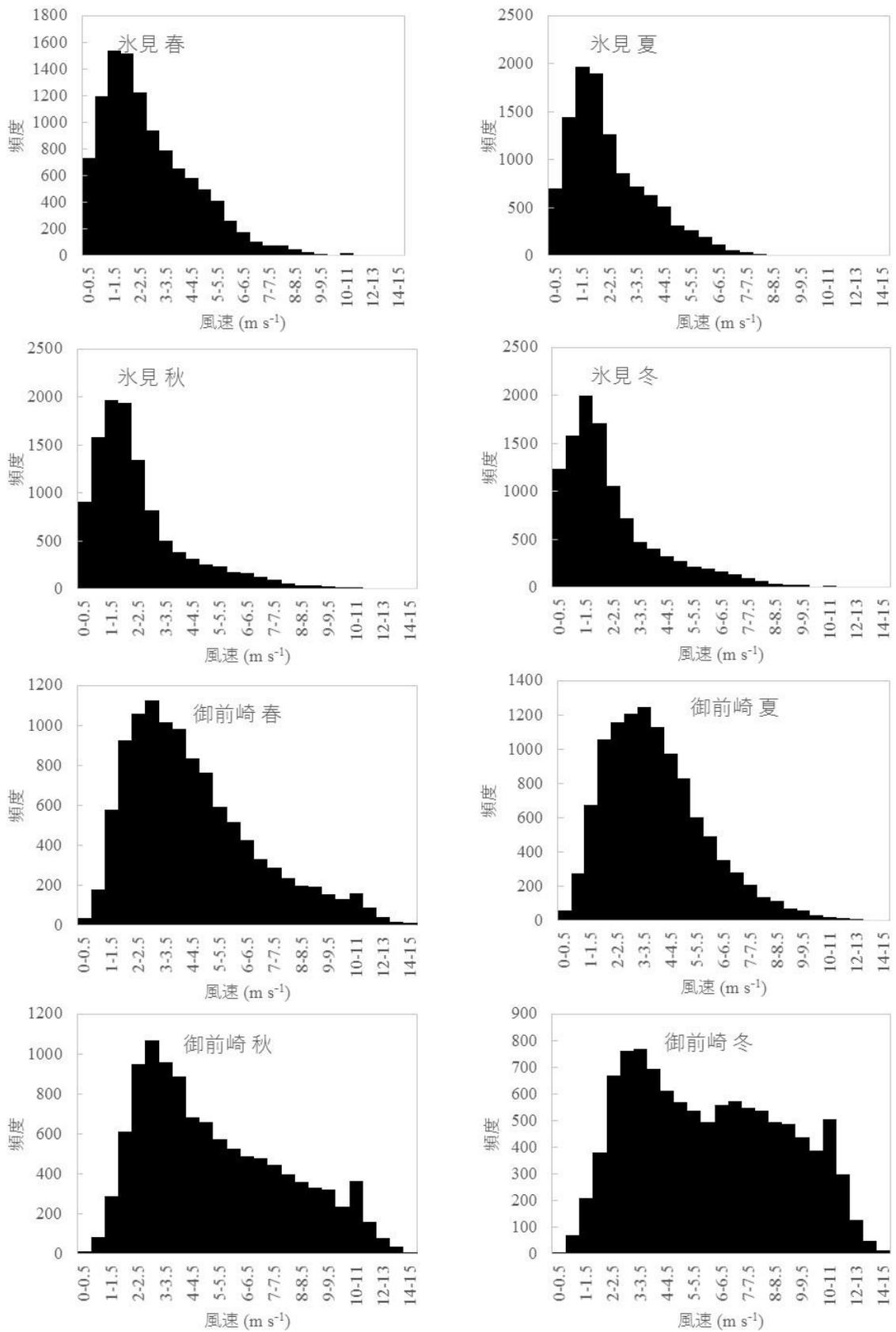
原発立地付近の季節ごとの風速（付録図 2.1）と温度（付録図 2.2）を示す。



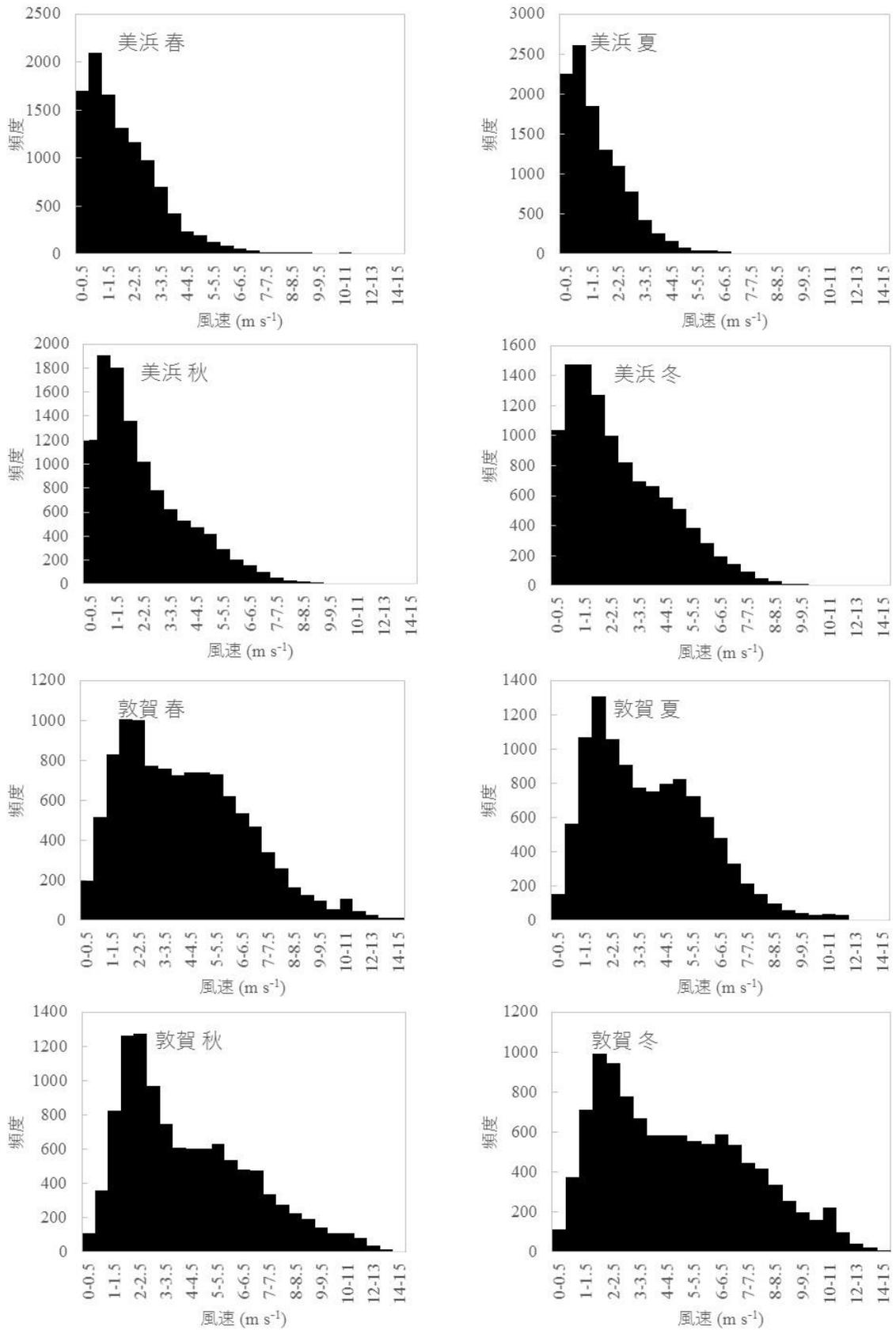
付録図 2.1 原発立地付近の季節ごとの風速の頻度分布 (1/7)



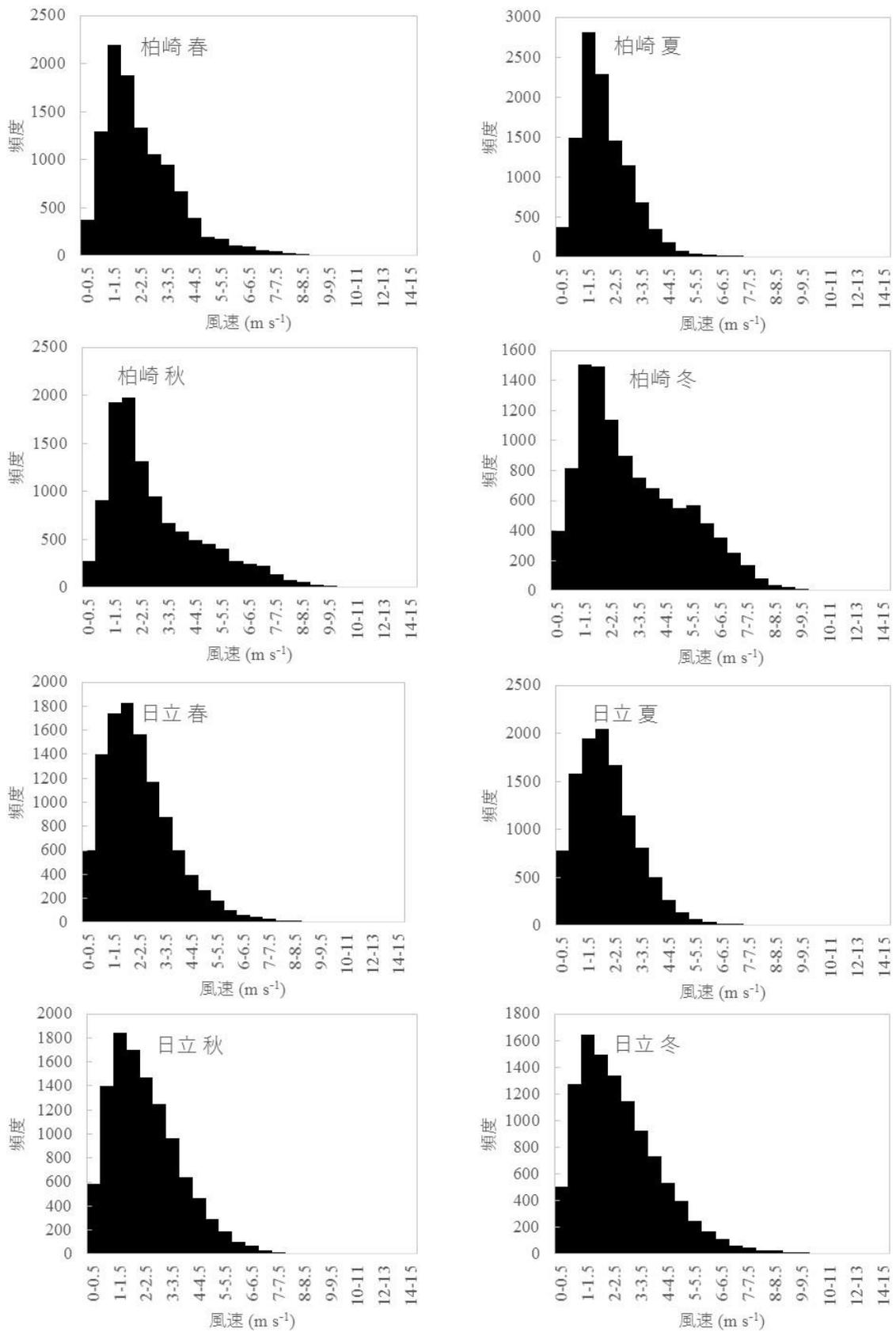
付録図 2.1 原発立地付近の季節ごとの風速の頻度分布 (2/7)



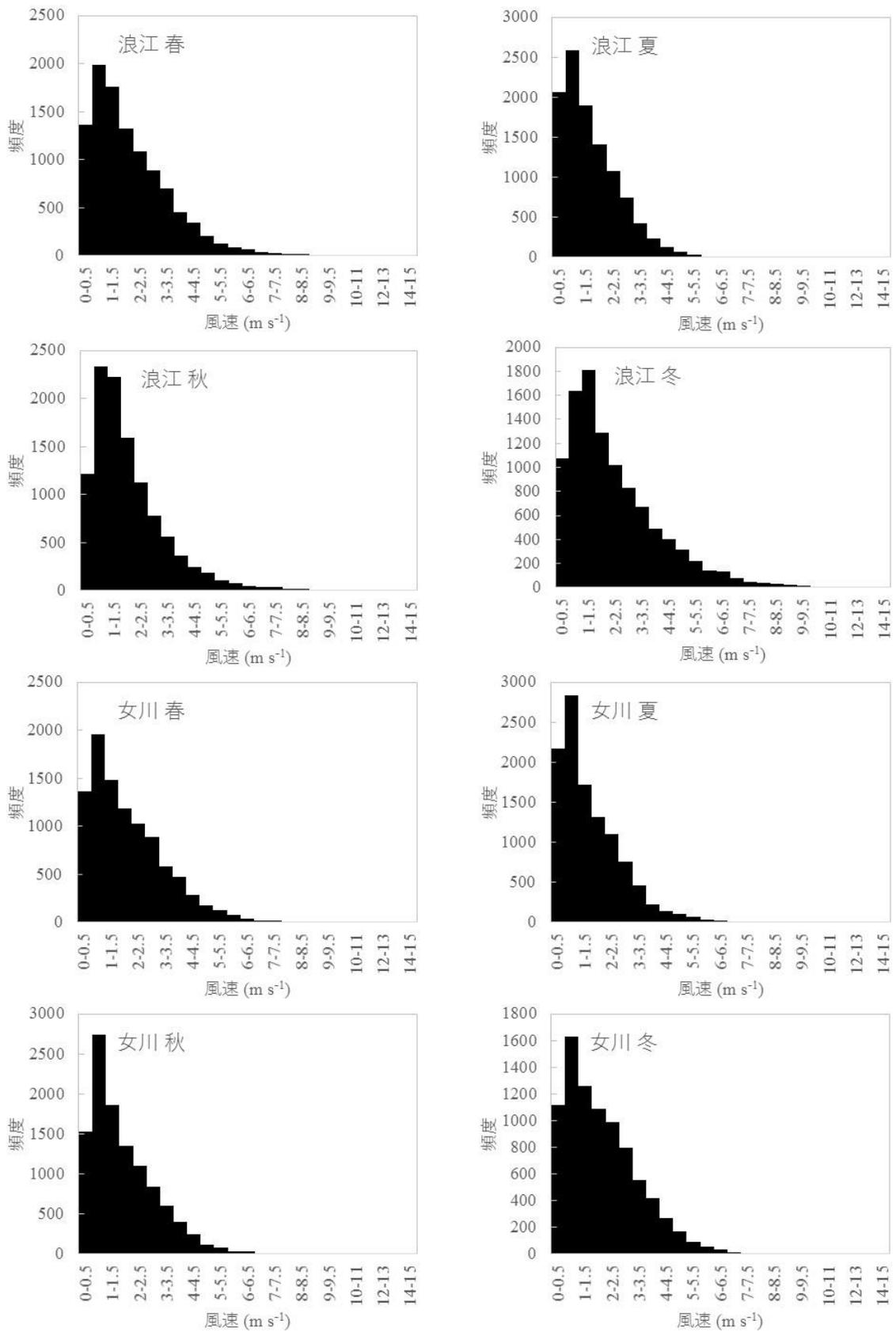
付録図 2.1 原発立地付近の季節ごとの風速の頻度分布 (3/7)



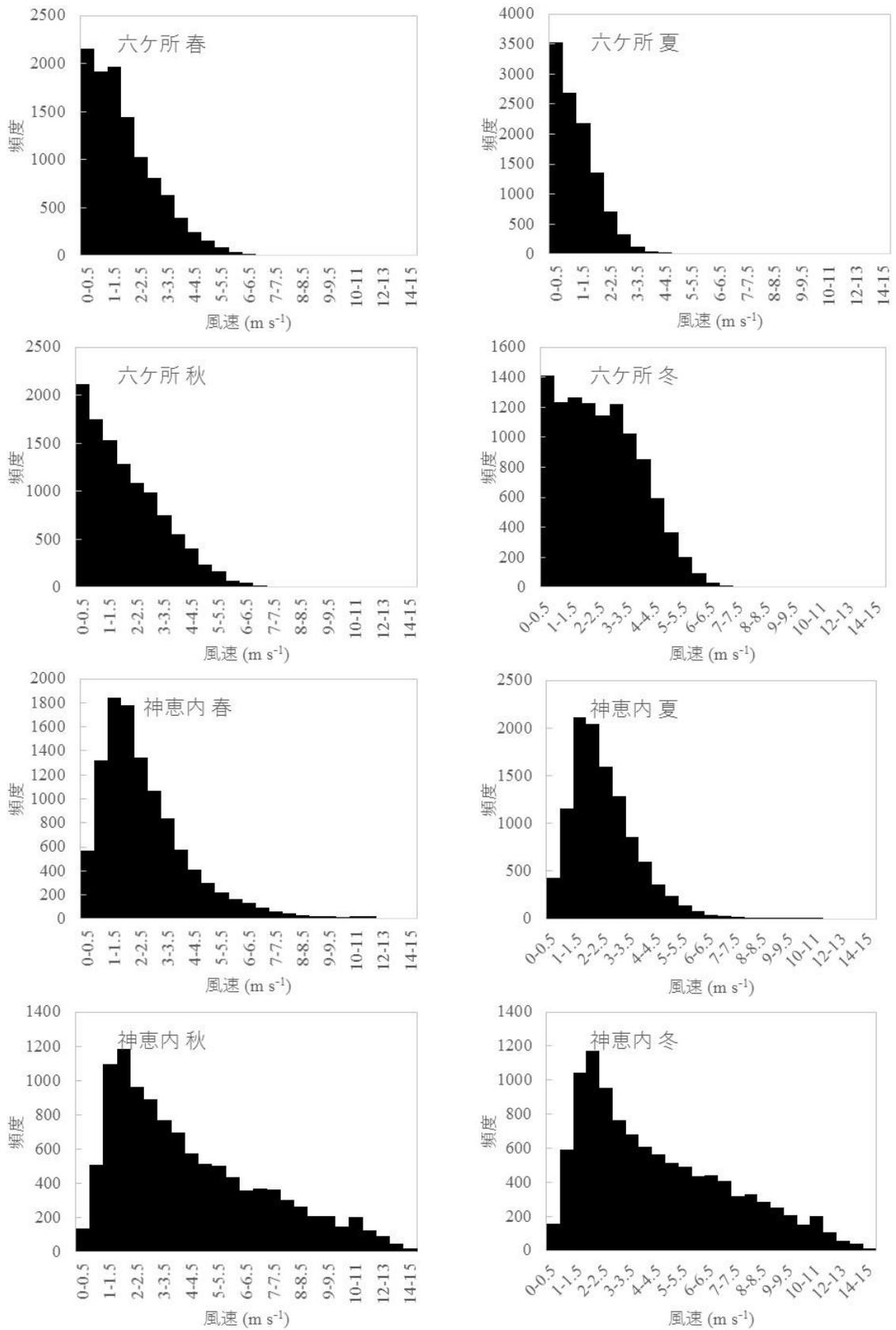
付録図 2.1 原発立地付近の季節ごとの風速の頻度分布 (4/7)



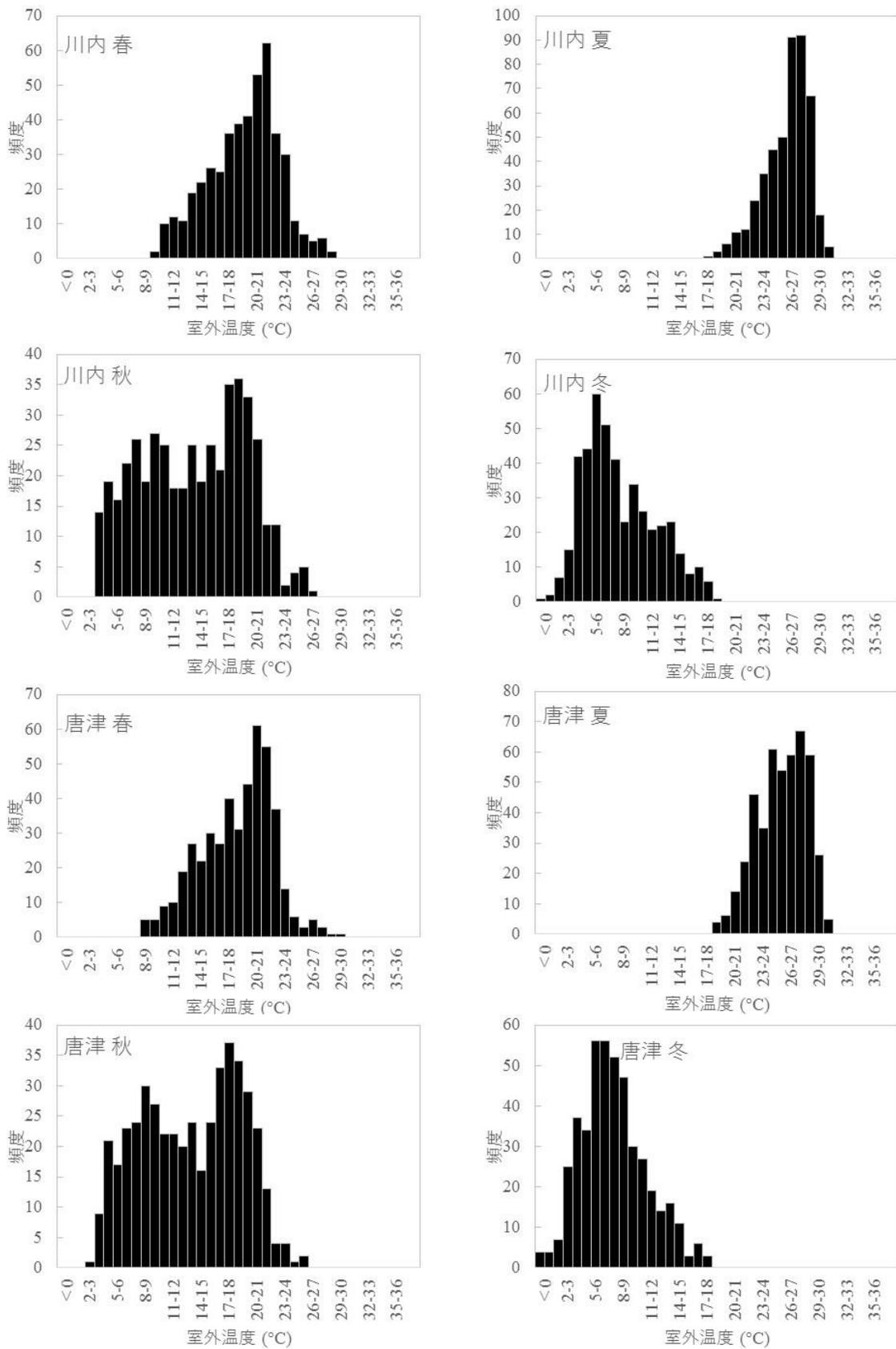
付録図 2.1 原発立地付近の季節ごとの風速の頻度分布 (5/7)



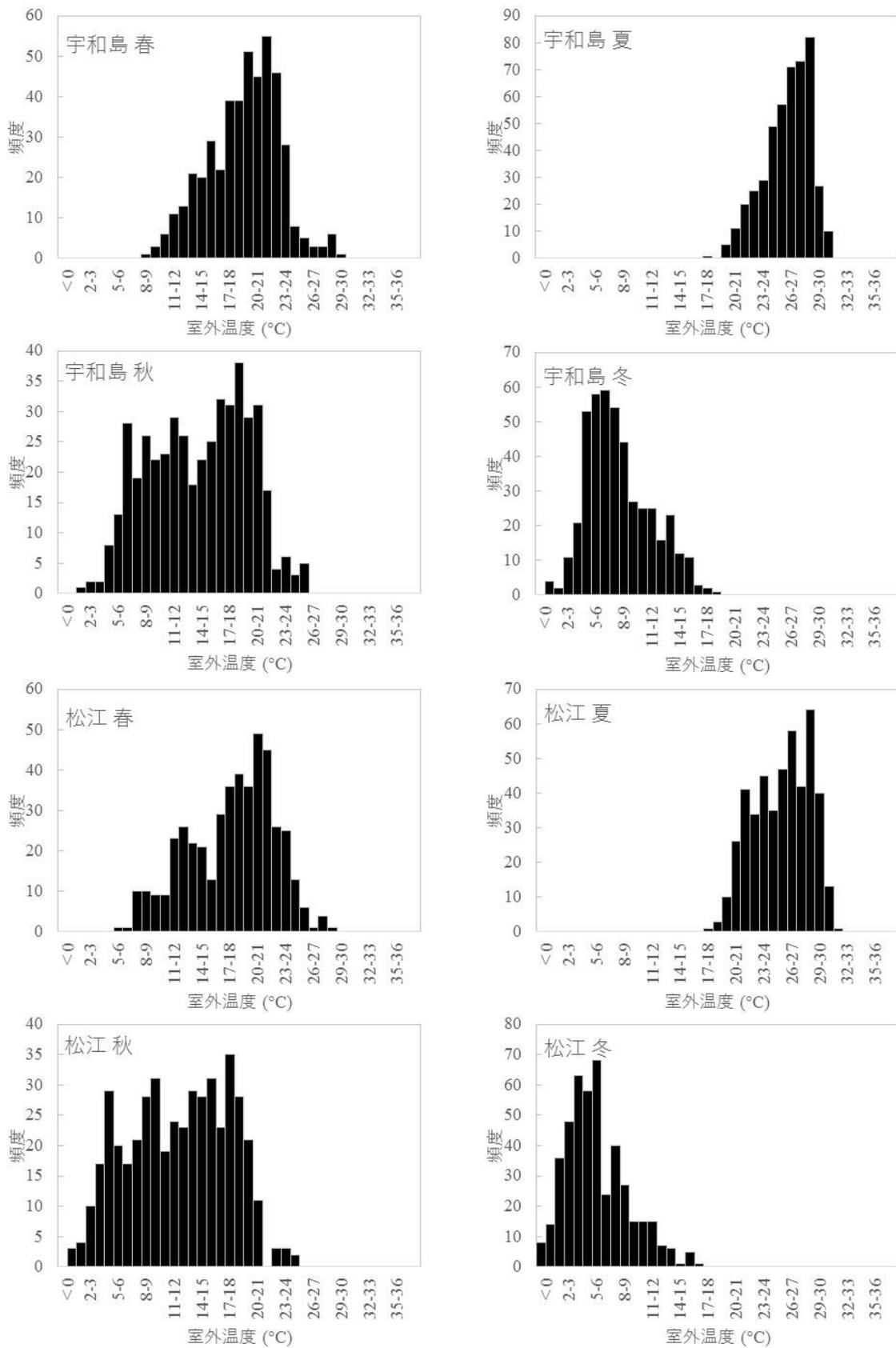
付録図 2.1 原発立地付近の季節ごとの風速の頻度分布 (6/7)



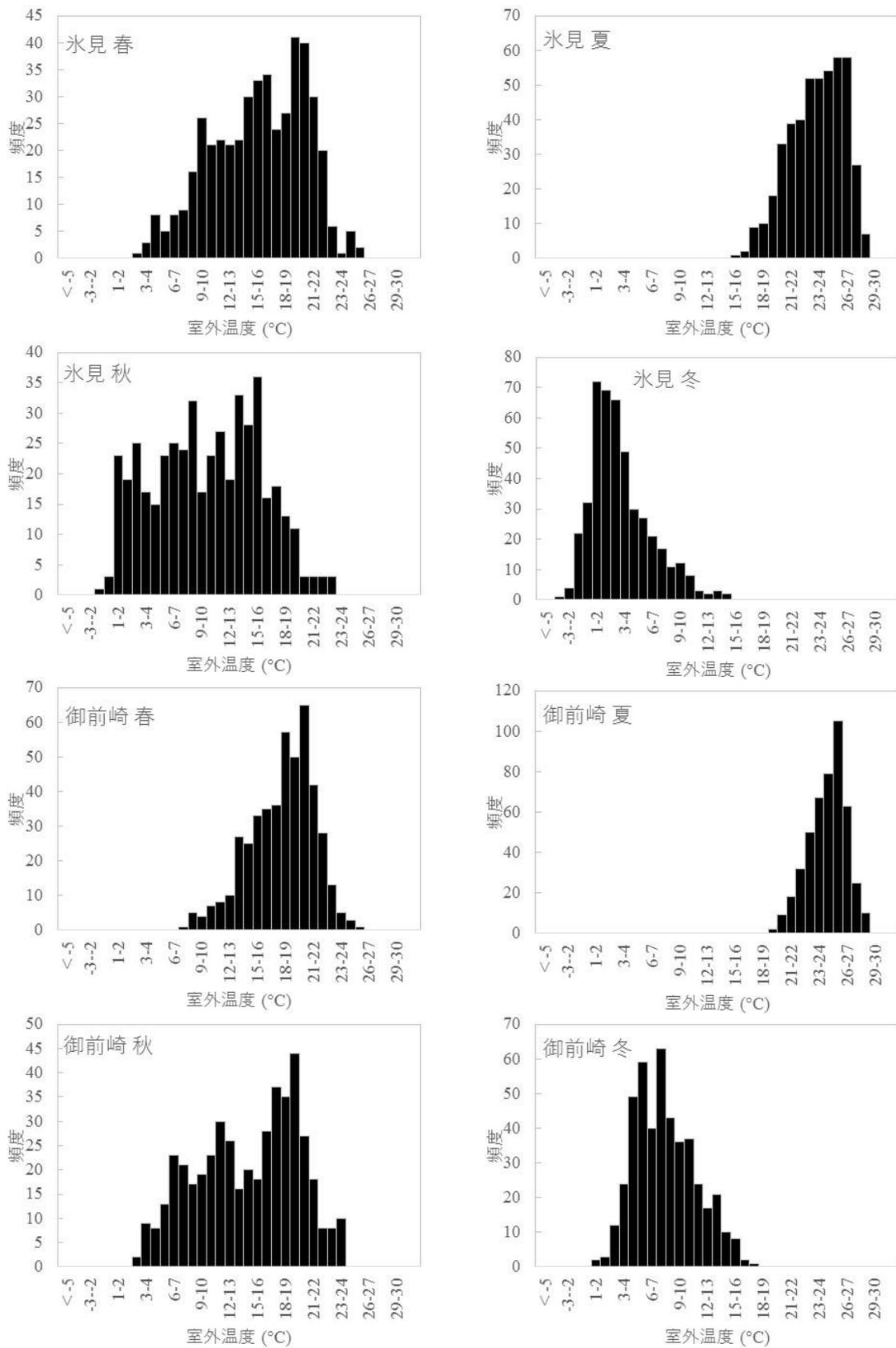
付録図 2.1 原発立地付近の季節ごとの風速の頻度分布 (7/7)



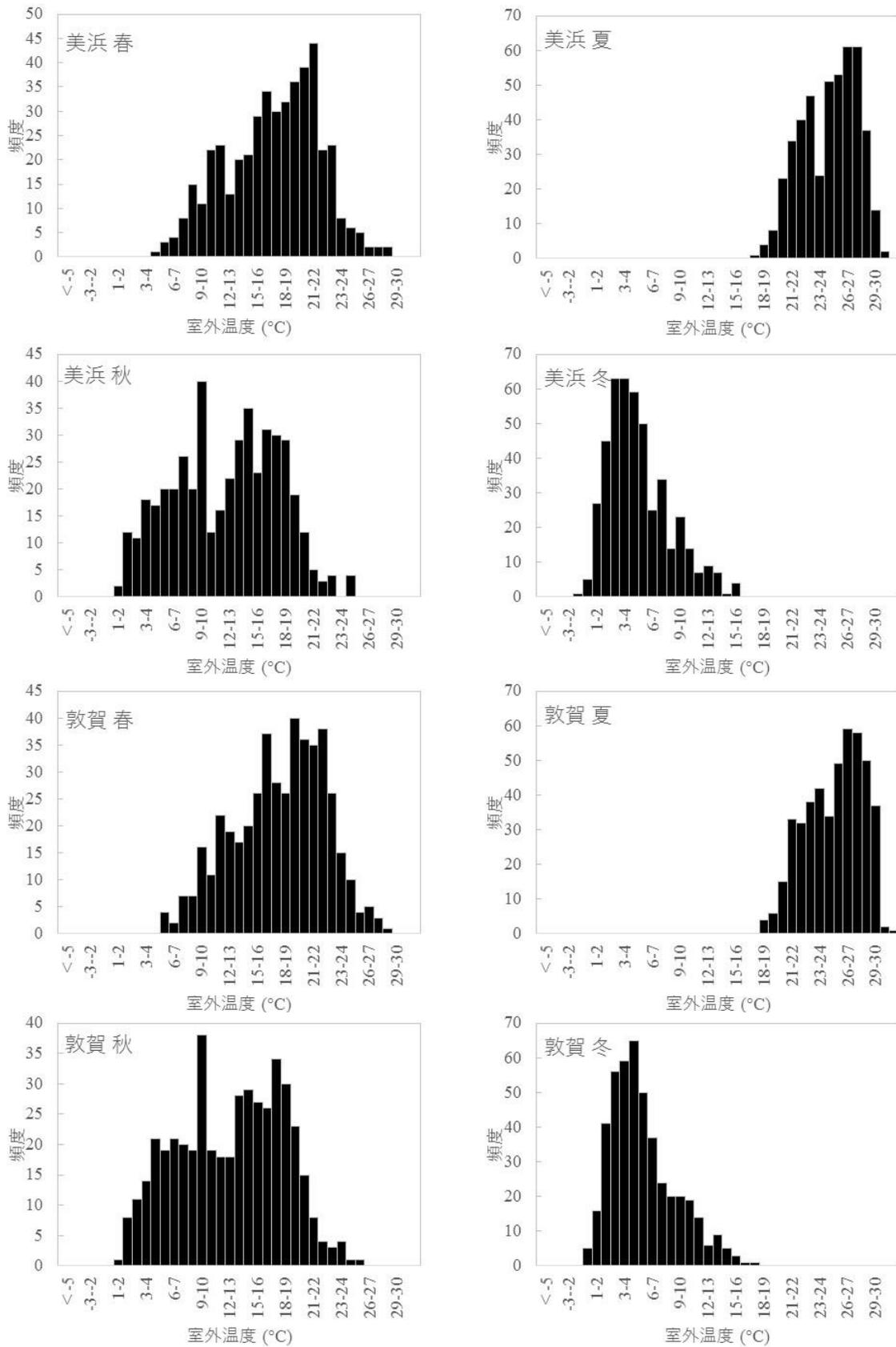
付録図 2.2 原発立地付近の季節ごとの温度の頻度分布 (1/7)



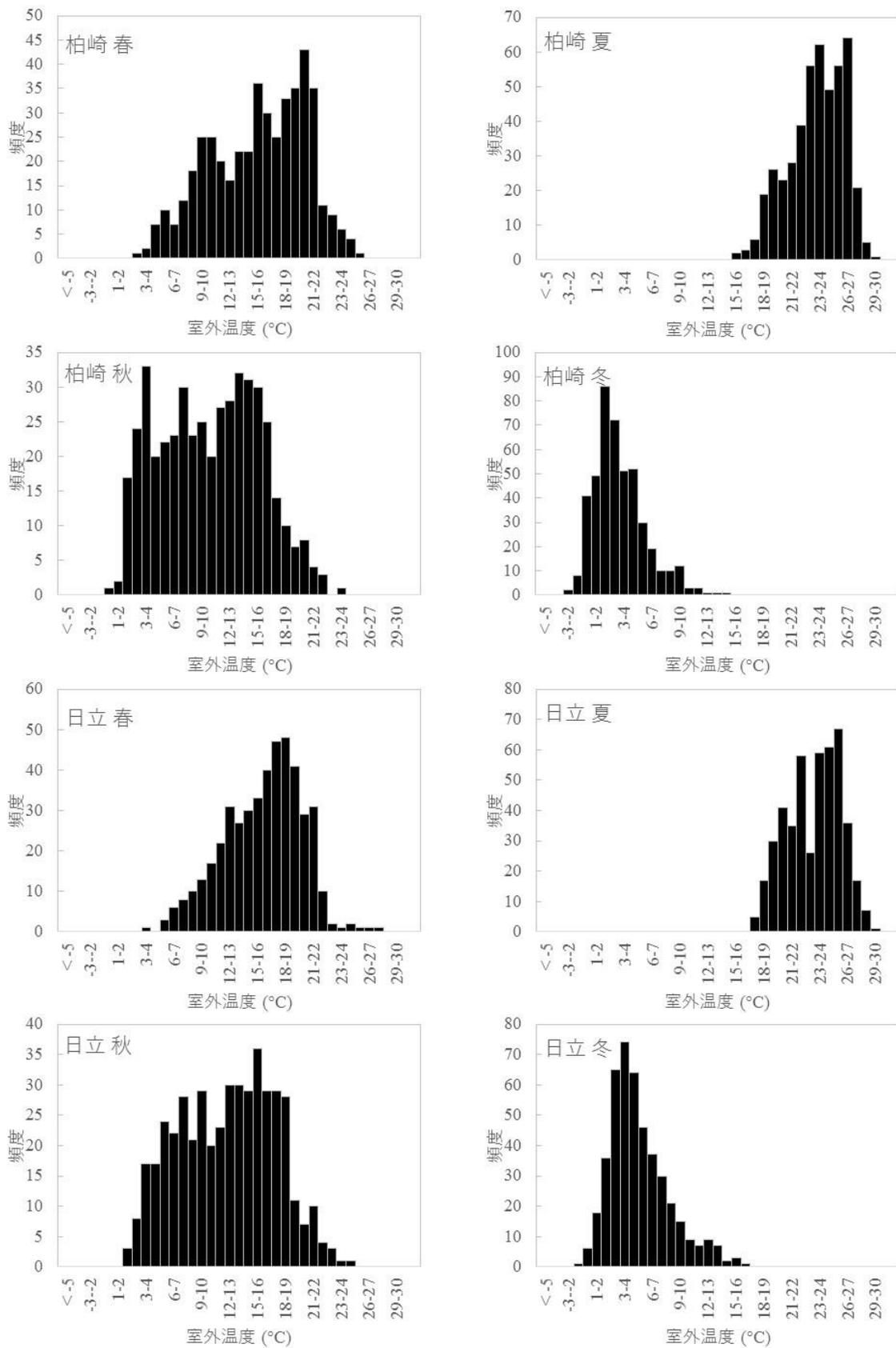
付録図 2.2 原発立地付近の季節ごとの温度の頻度分布 (2/7)



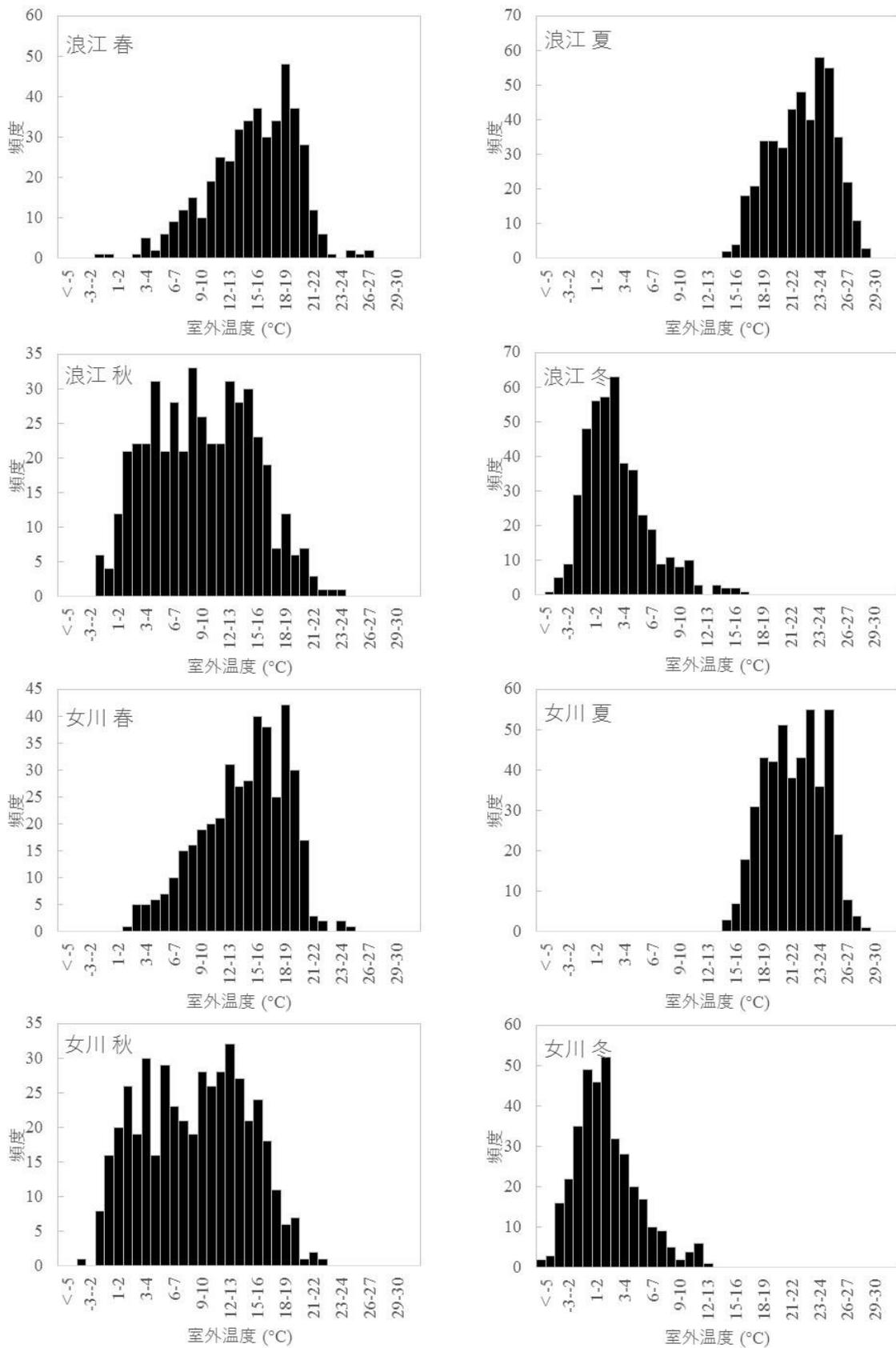
付録図 2.2 原発立地付近の季節ごとの温度の頻度分布 (3/7)



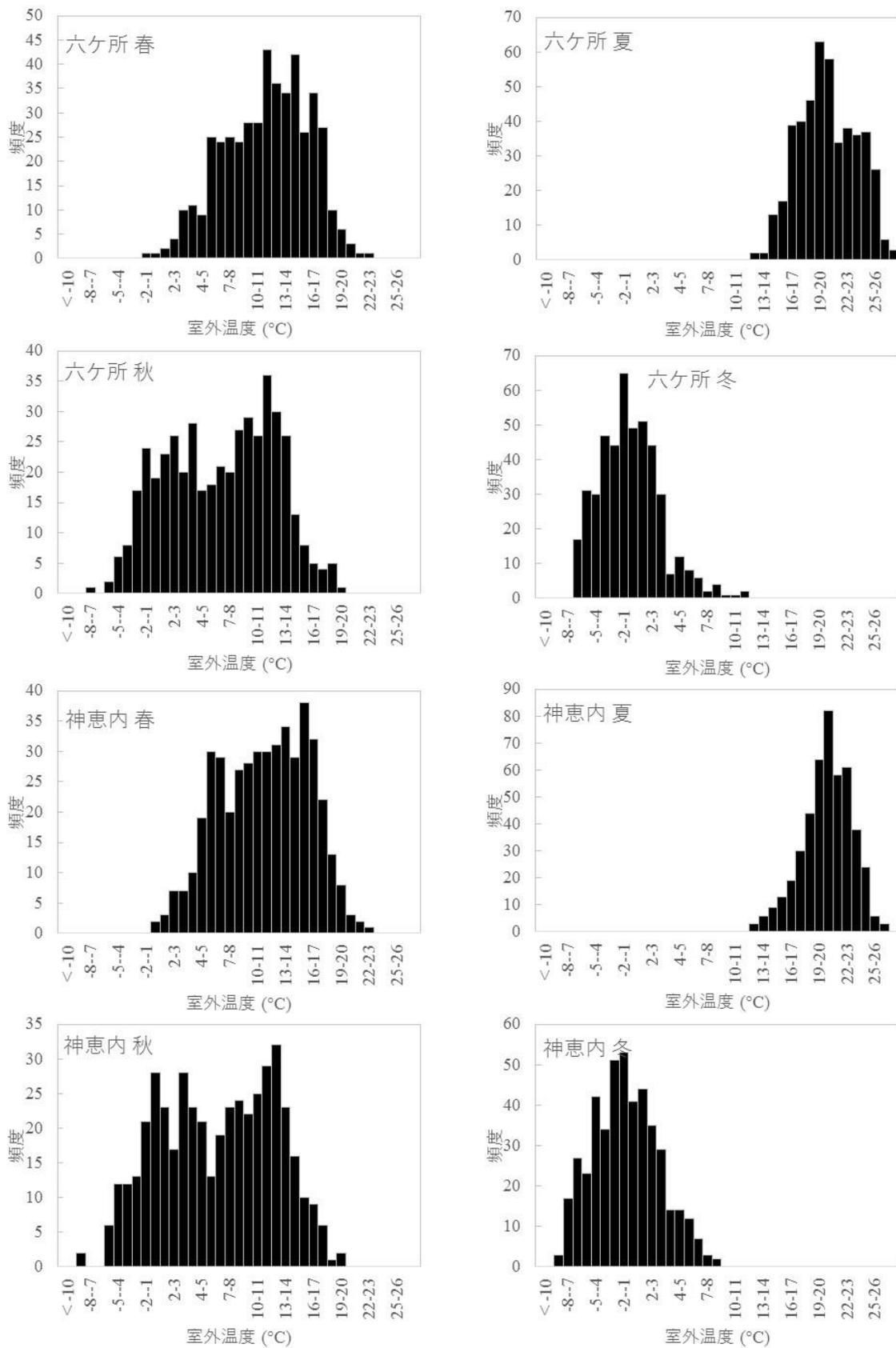
付録図 2.2 原発立地付近の季節ごとの温度の頻度分布 (4/7)



付録図 2.2 原発立地付近の季節ごとの温度の頻度分布 (5/7)



付録図 2.2 原発立地付近の季節ごとの温度の頻度分布 (6/7)

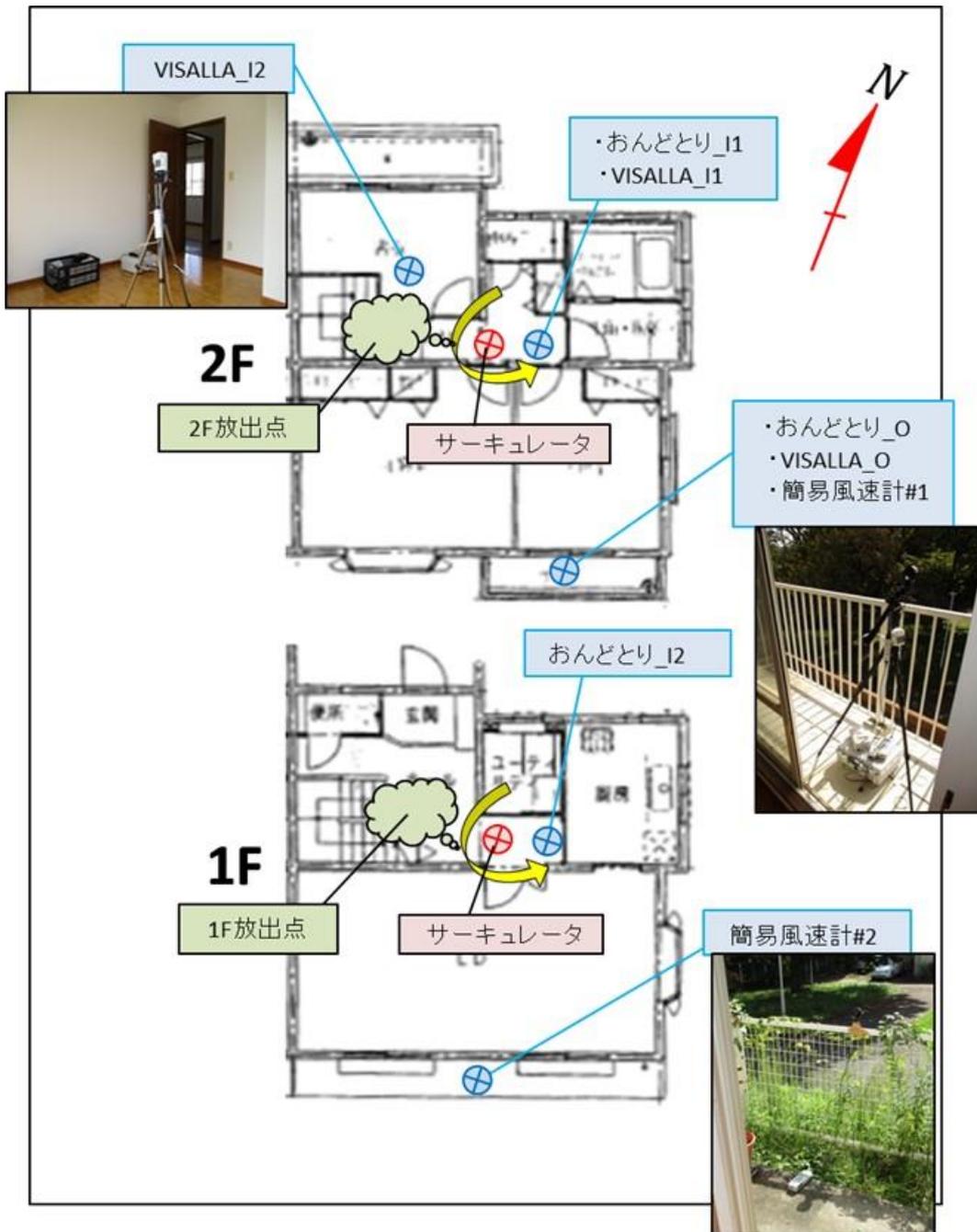


付録図 2.2 原発立地付近の季節ごとの温度の頻度分布 (7/7)

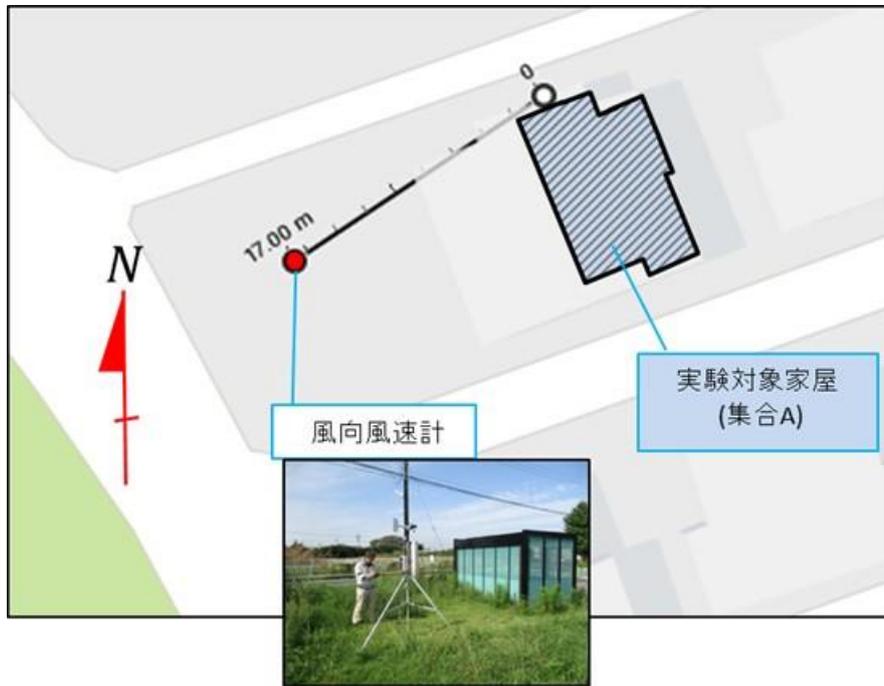
付録3 実家屋実験の詳細

実家屋実験家屋の間取り図と測定機器の配置を示す。温湿度計は T&D 社製のおんどとり TR-76Ui (以下、おんどとり)、CO₂濃度測定器はおんどとりとヴァイサラ社製の GM70 ハンディタイプ CO₂計測器 (以下、VISALLA)、ベランダに設置した風速計はマザーツール社製のデジタル風速計 AM-4207SD (以下、簡易風速計)、実験家屋から少し離れた場所に設置した風向風速計はフィールドプロ社製の風向風速ログーFieldLog-Wind C (以下、風向風速計) を用いた。

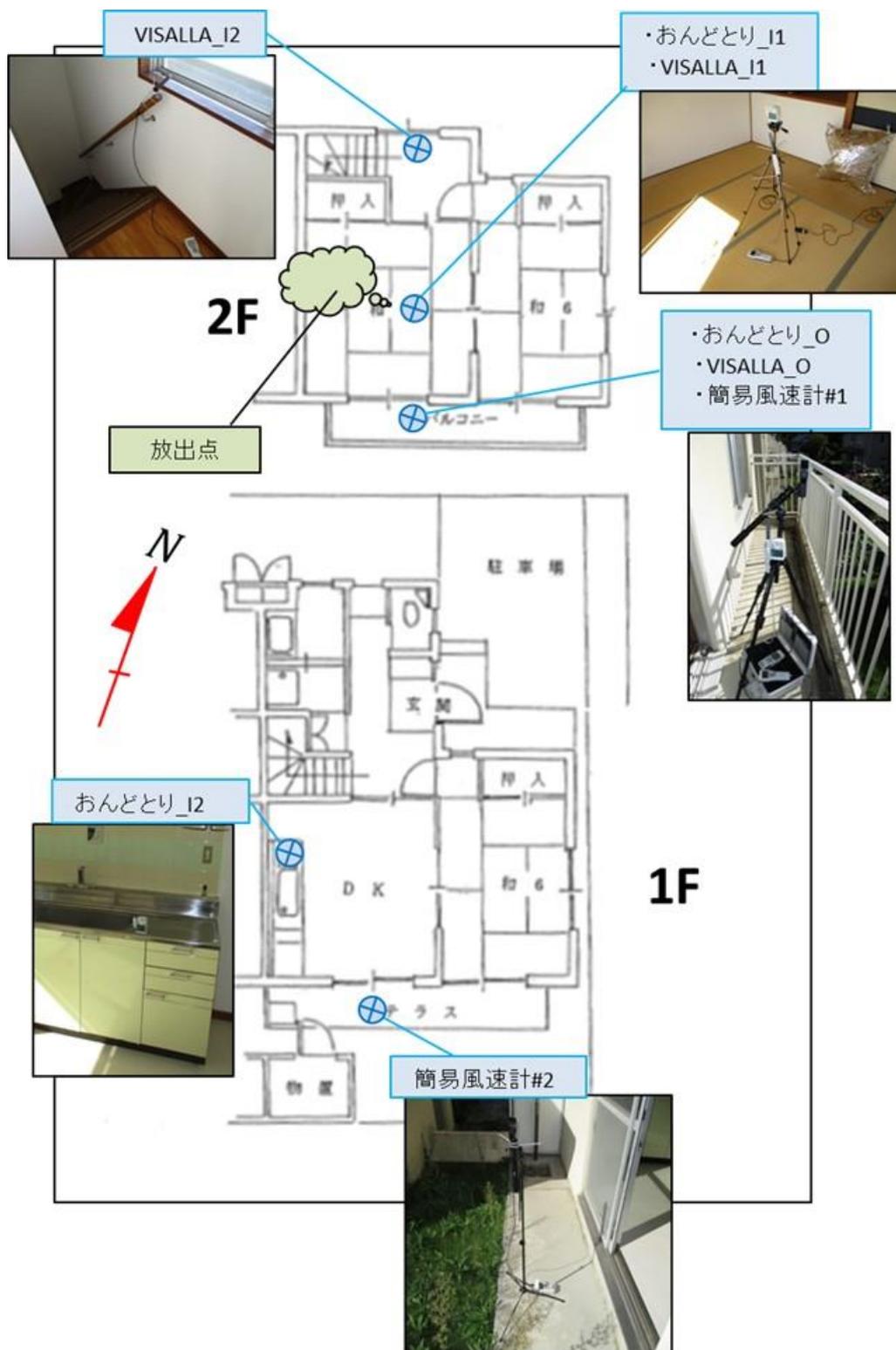
実験対象家屋の間取り図と測定機器の配置 (集合 A)



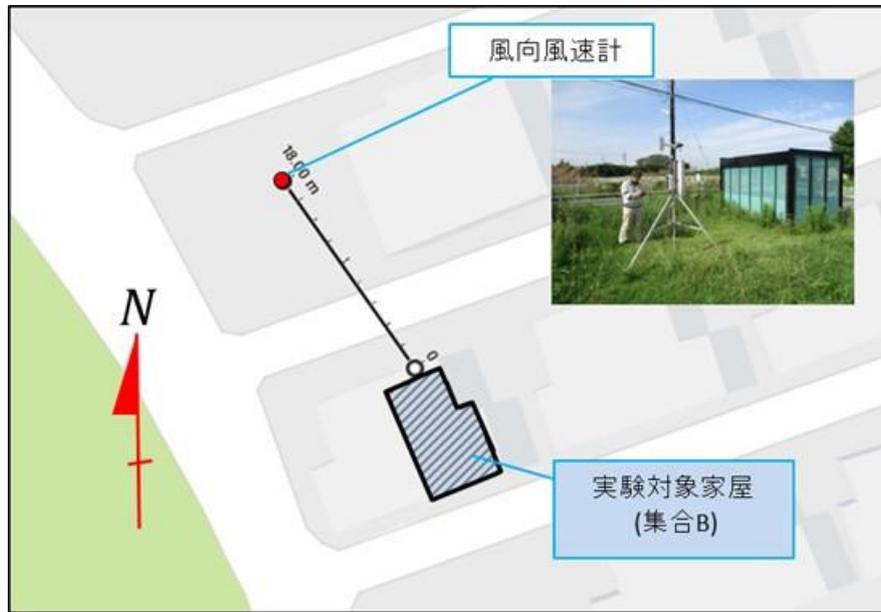
実験対象家屋と風向風速計の位置関係（集合A）



実験対象家屋の間取り図と測定機器の配置 (集合B)

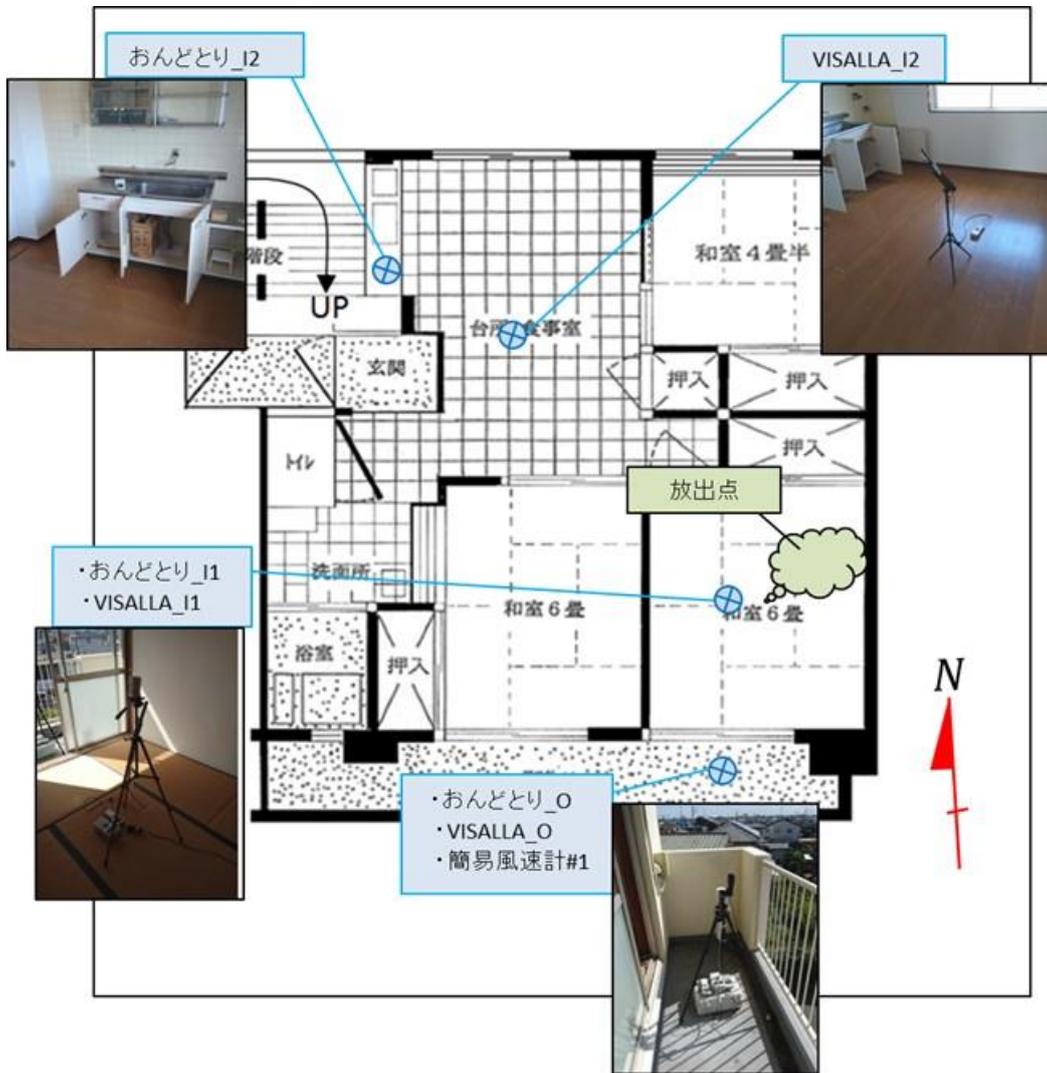


実験対象家屋と風向風速計の位置関係（集合B）

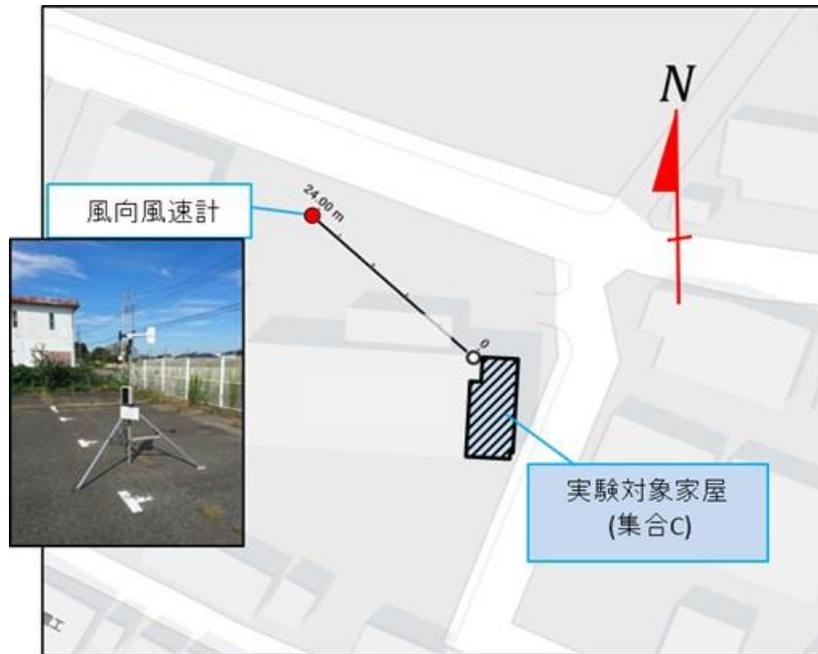


※集合Bの風向風速計位置は集合Aと同じ。

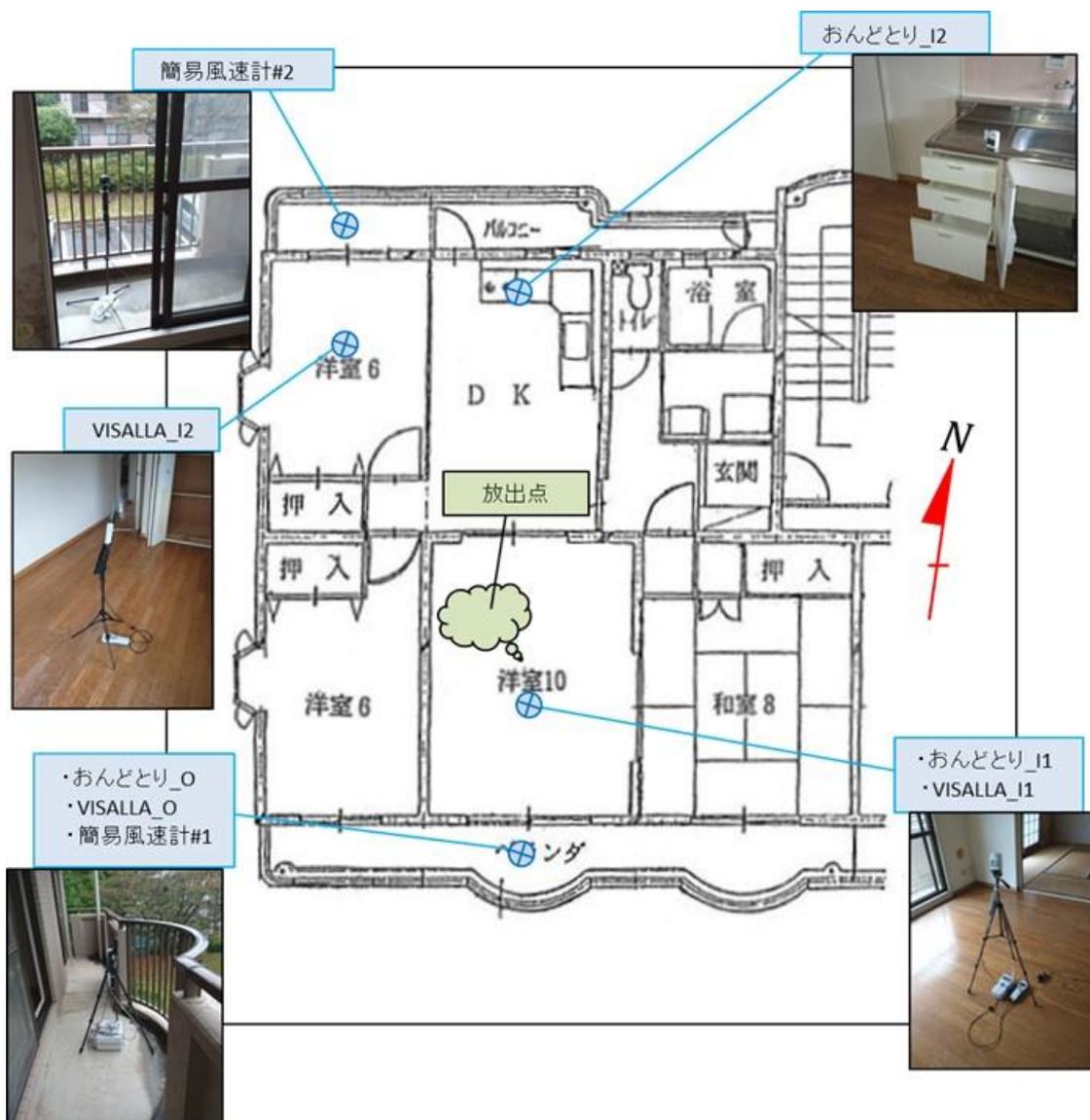
実験対象家屋の間取り図と測定機器の配置 (集合C)



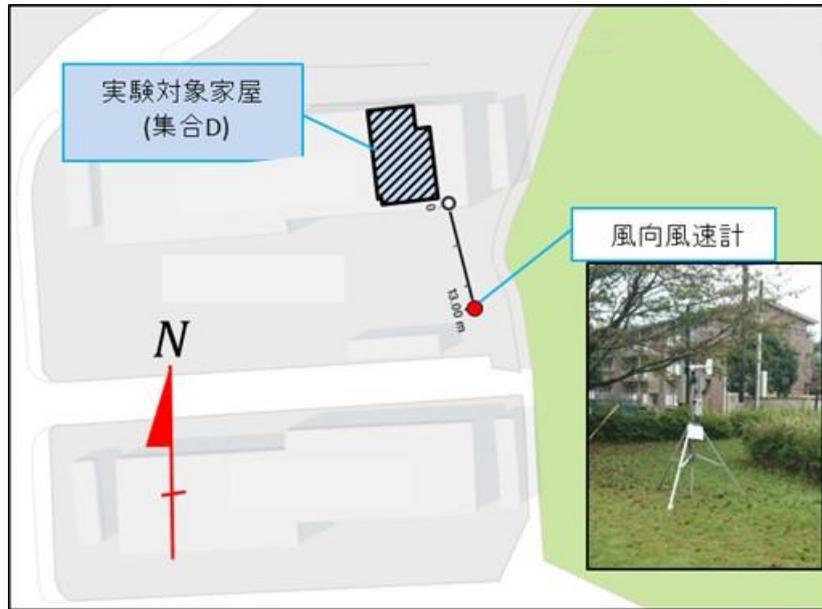
実験対象家屋と風向風速計の位置関係（集合C）



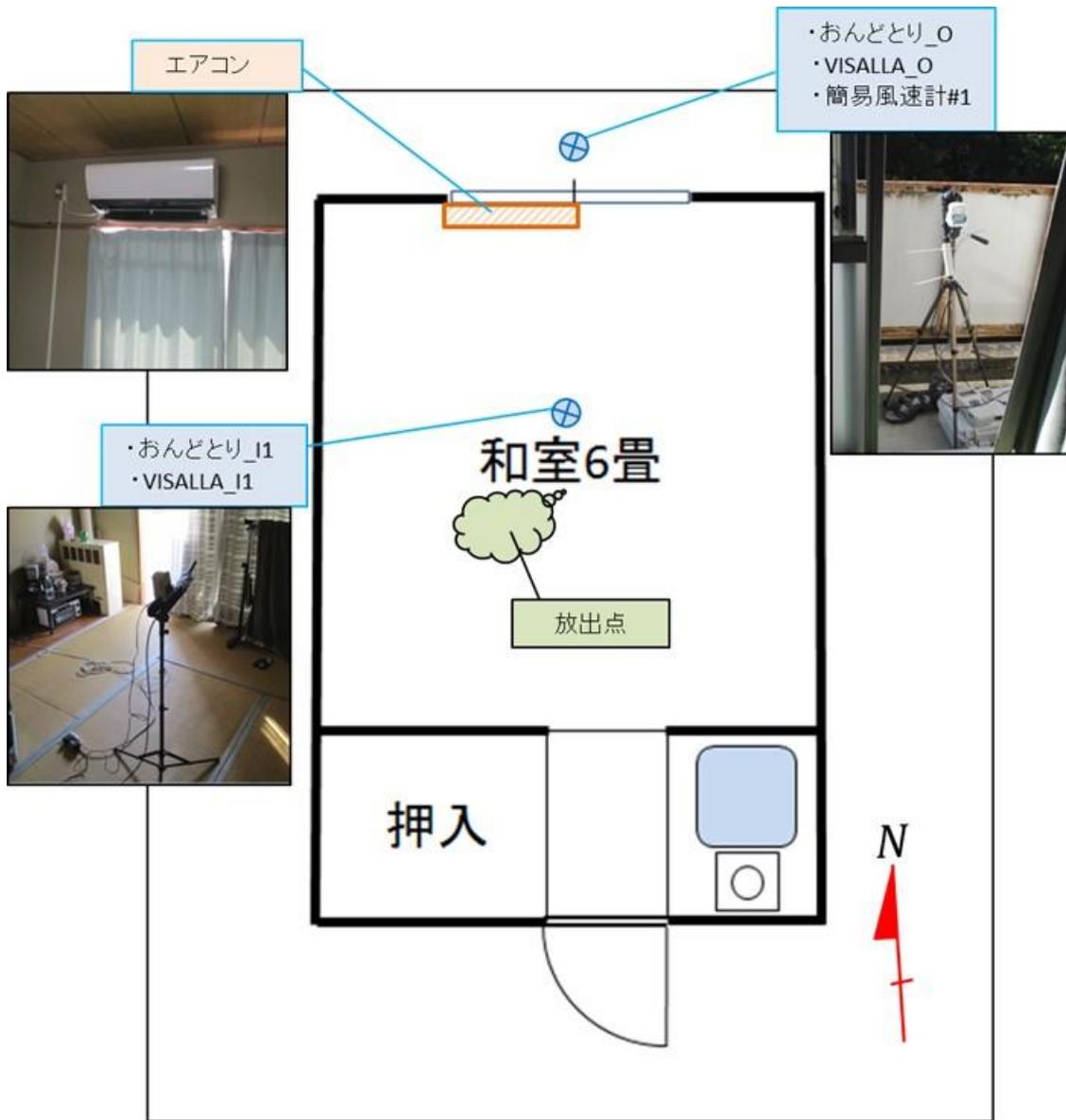
実験対象家屋の間取り図と測定機器の配置（集合D）



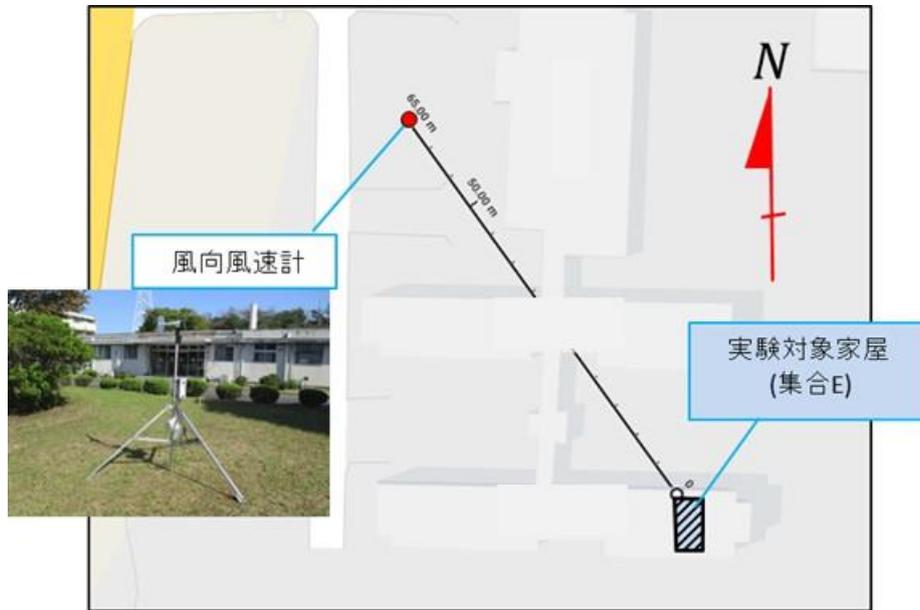
実験対象家屋と風向風速計の位置関係（集合D）



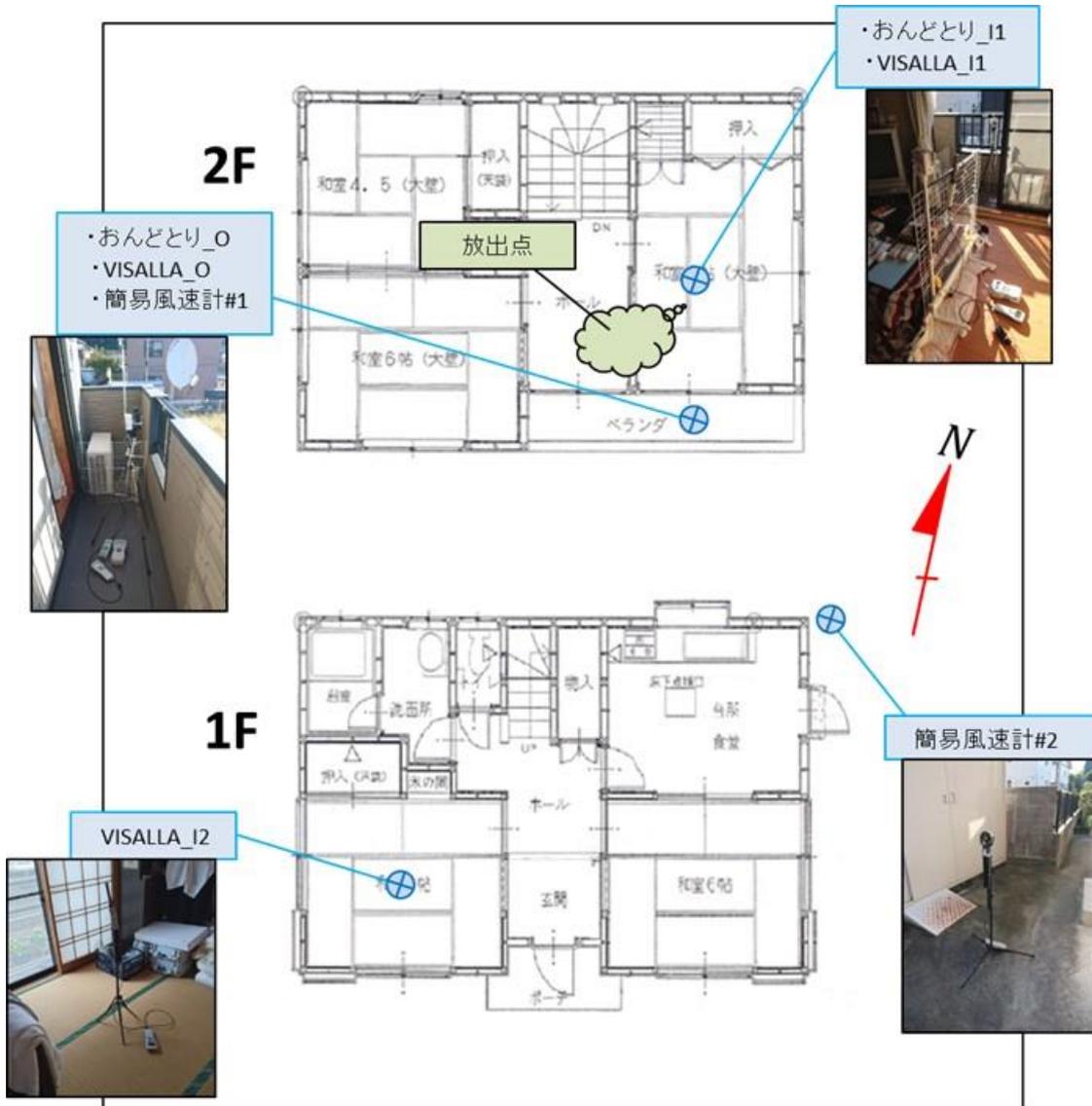
実験対象家屋の間取り図と測定機器の配置 (集合E)



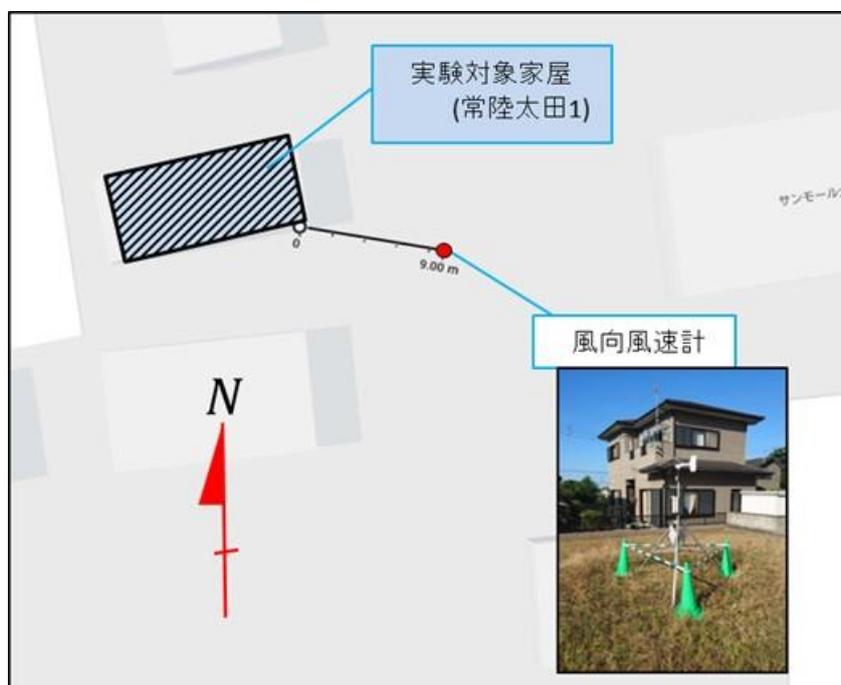
実験対象家屋と風向風速計の位置関係（集合E）



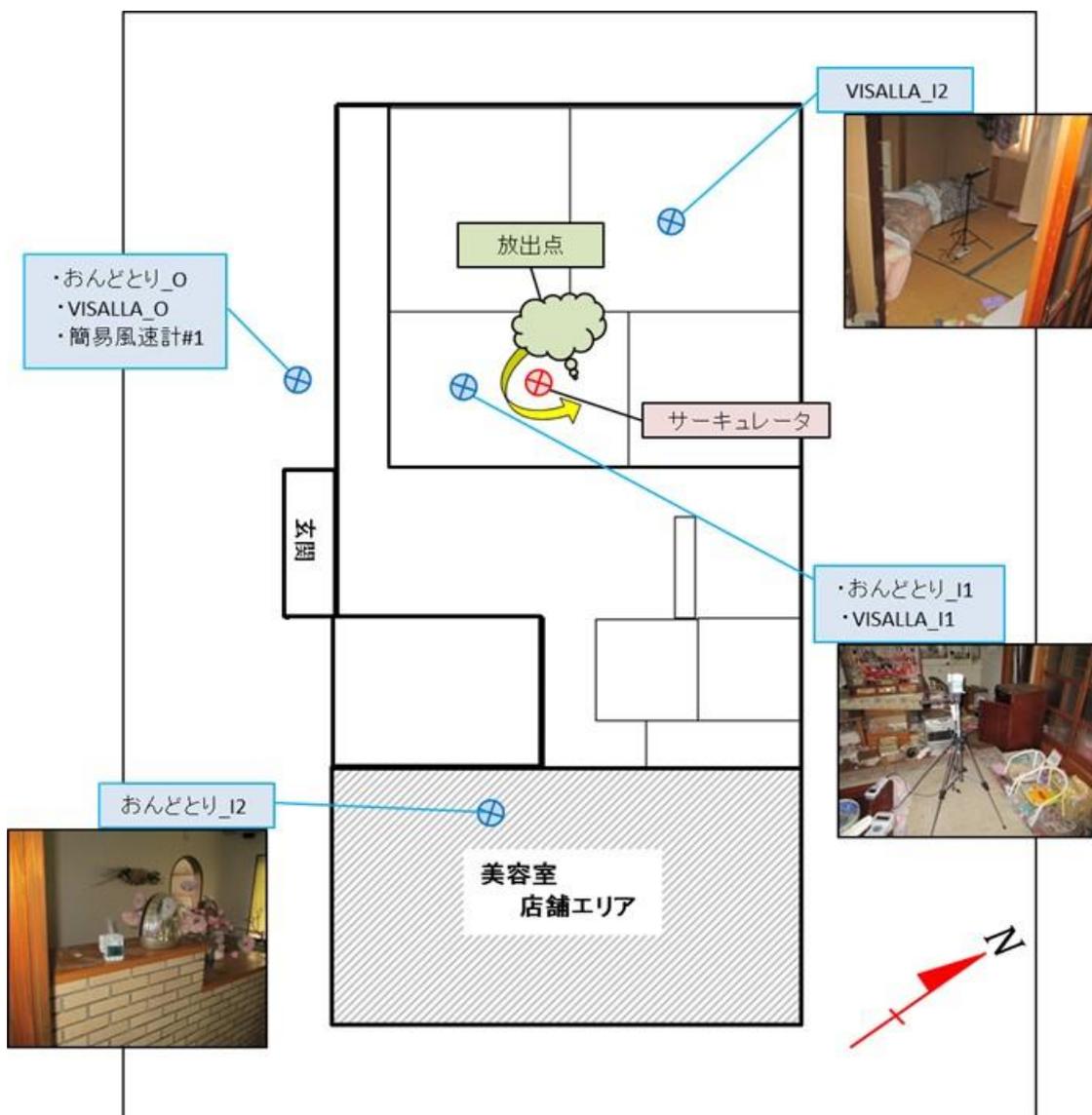
実験対象家屋の間取り図と測定機器の配置 (常陸太田1)



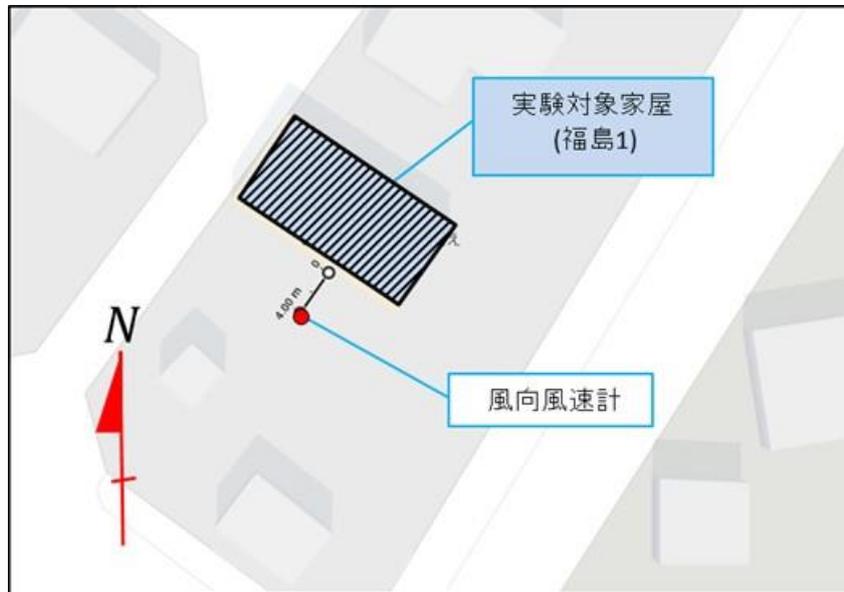
実験対象家屋と風向風速計の位置関係（常陸太田1）



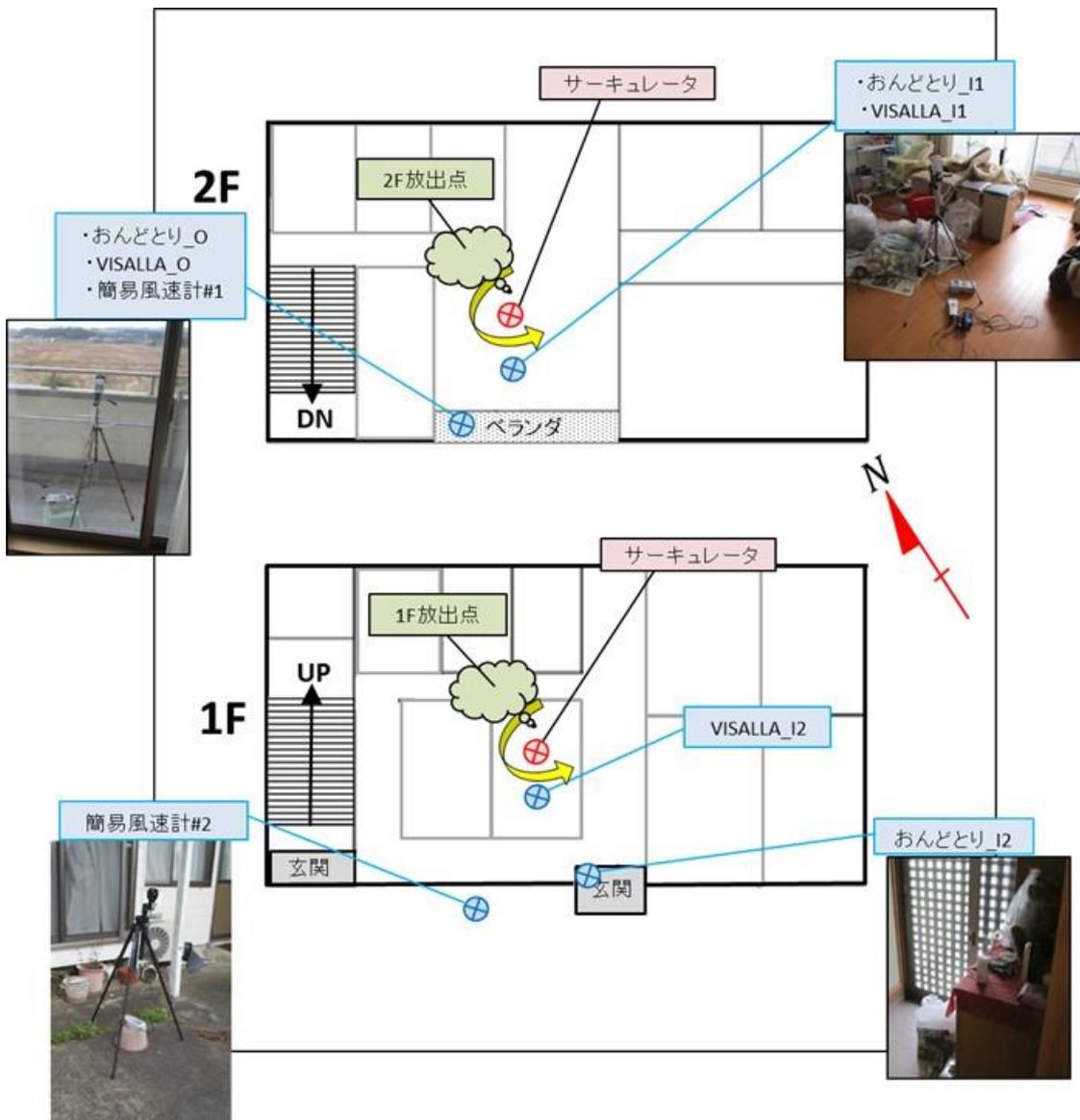
実験対象家屋の間取り図と測定機器の配置（福島 1）



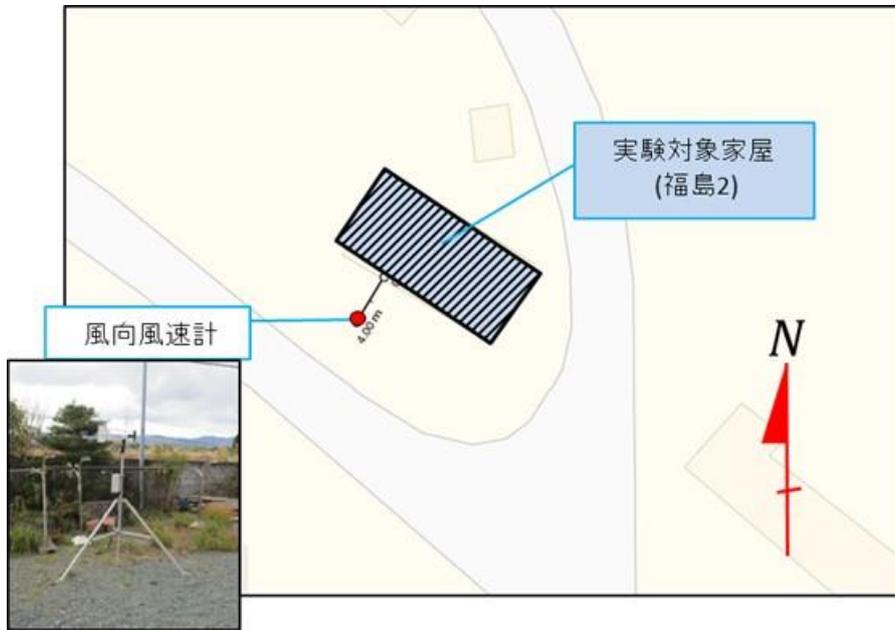
実験対象家屋と風向風速計の位置関係（福島1）



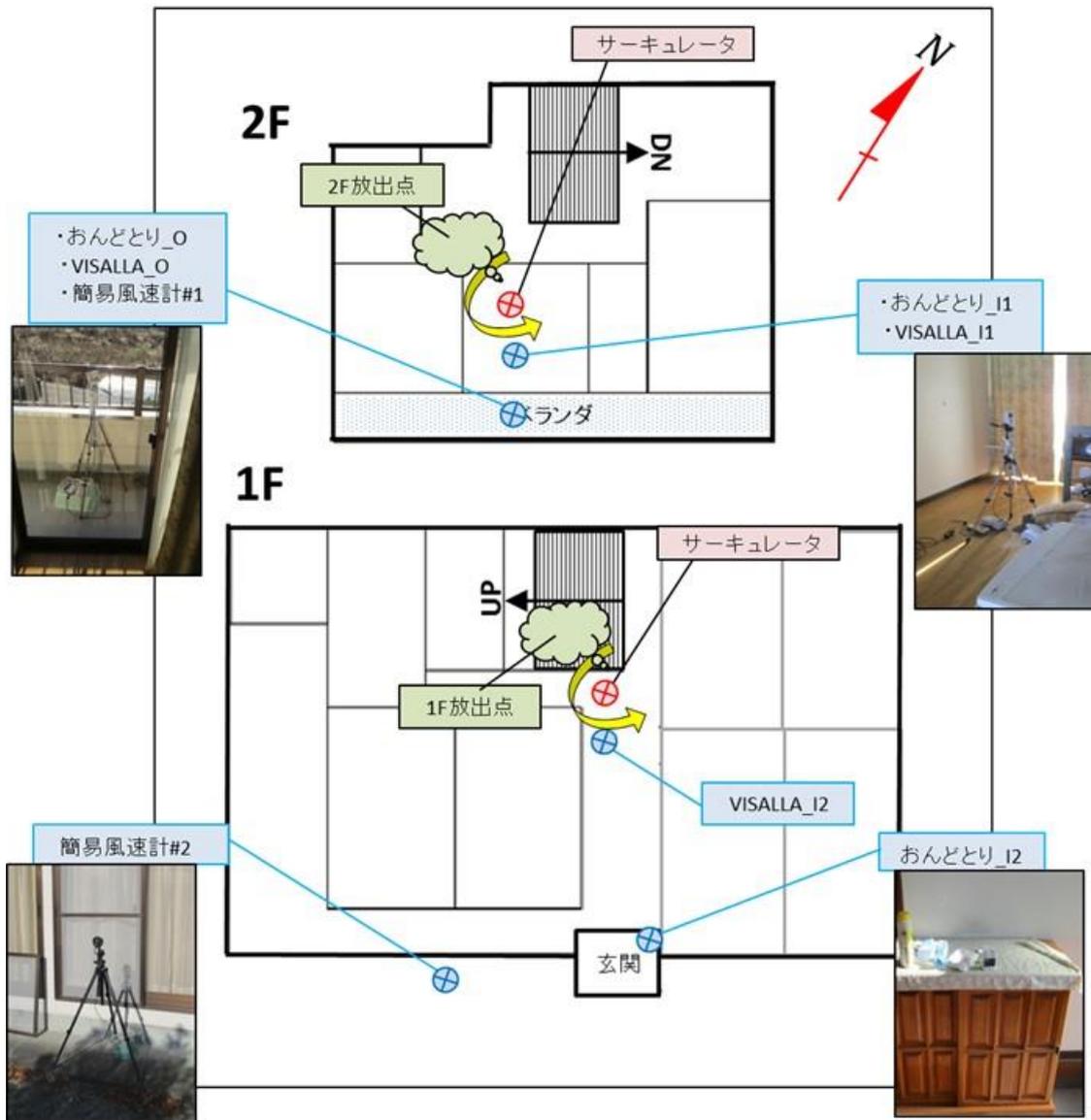
実験対象家屋の間取り図と測定機器の配置 (福島2)



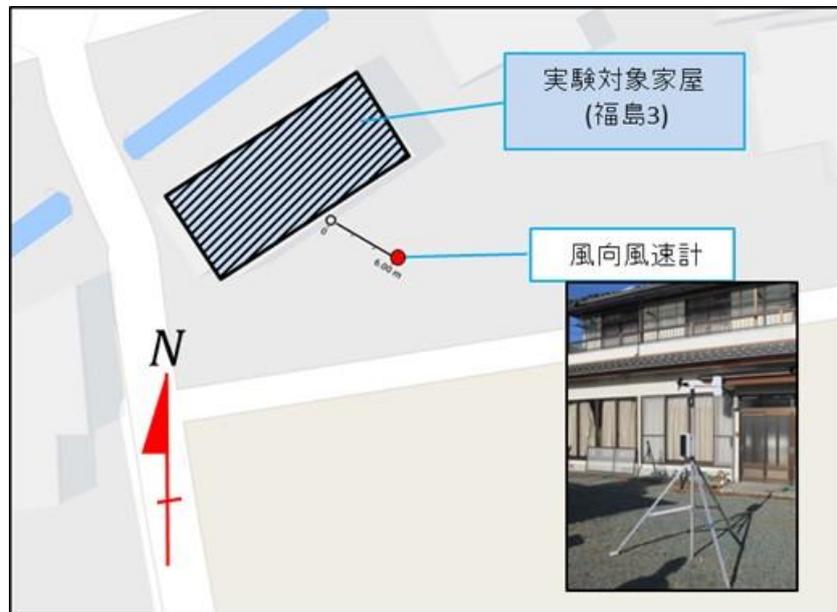
実験対象家屋と風向風速計の位置関係（福島2）



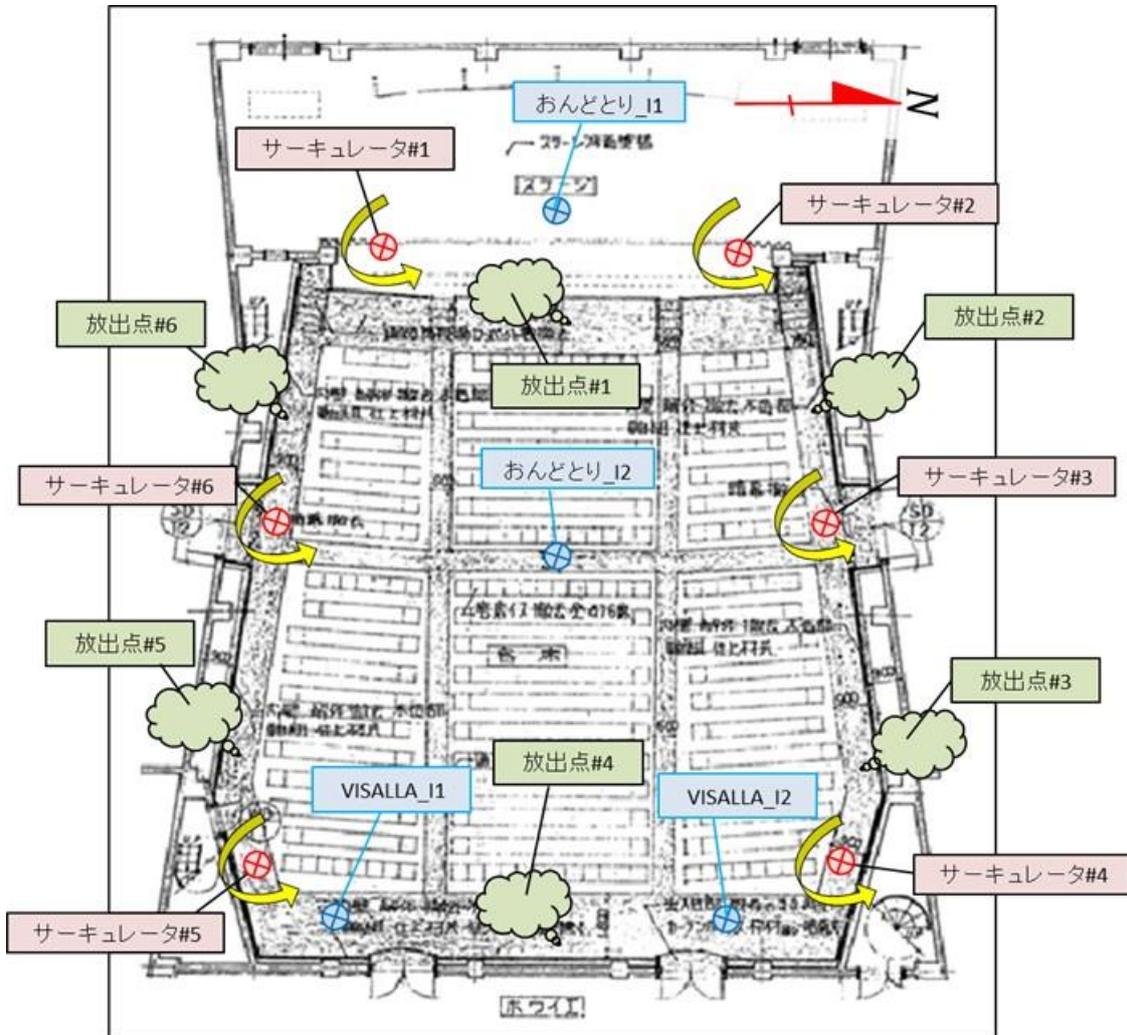
実験対象家屋の間取り図と測定機器の配置 (福島3)



実験対象家屋と風向風速計の位置関係（福島3）



実験対象家屋の間取り図と測定機器の配置（大講堂）



実験対象家屋と風向風速計の位置関係（大講堂）



付録4 吸入被ばく低減効果の解析の詳細

自然換気率と核種組成の違いによる吸入被ばく低減効果の影響をプルーム通過からの経過時間ごとに示す。付録表 4.1～付録表 4.10 は甲状腺等価線量 (1 歳児、粒径 0.3 μm) の比、付録表 4.11～付録表 4.18 は甲状腺等価線量の比 (1 歳児、粒径 1 μm)、付録表 4.19～付録表 4.26 は甲状腺等価線量の比 (大人、粒径 0.3 μm)、付録表 4.27～付録表 4.34 は甲状腺等価線量の比 (大人、粒径 1 μm)、付録表 4.35～付録表 4.42 は実効線量の比 (大人、粒径 0.3 μm)、付録表 4.43～付録表 4.50 は実効線量の比 (大人、粒径 1 μm) を被ばく低減係数とした。

付録表 4.1 全てガス状の場合の吸入被ばく低減係数 (甲状腺等価線量 (1 歳児、粒径 0.3 μm) の比)。沈着速度 0.5 h⁻¹、浸透率 0.75、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.14	0.27	0.38	0.61	0.84
0.2	0.04	0.25	0.46	0.61	0.85	0.97
0.3	0.06	0.35	0.60	0.76	0.94	0.99
0.4	0.08	0.44	0.71	0.85	0.97	1
0.5	0.09	0.51	0.79	0.90	0.99	1
0.8	0.15	0.68	0.91	0.97	1	1
1.0	0.18	0.76	0.95	0.99	1	1

付録表 4.2 全て粒子状の場合の吸入被ばく低減係数 (甲状腺等価線量 (1 歳児、粒径 0.3 μm) の比)。沈着速度 0 h⁻¹、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.01	0.07	0.10	0.12	0.12	0.12
0.2	0.03	0.14	0.19	0.21	0.21	0.21
0.3	0.04	0.19	0.26	0.27	0.28	0.28
0.4	0.05	0.24	0.31	0.33	0.33	0.33
0.5	0.07	0.29	0.36	0.37	0.37	0.37
0.8	0.10	0.39	0.45	0.46	0.46	0.46
1.0	0.12	0.44	0.49	0.50	0.50	0.50

付録表 4.3 $I_2:CH_3I$ 粒子状=1:2:1 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（1 歳児、粒径 $0.3 \mu\text{m}$ ）の比）。 I_2 は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h^{-1} 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h^{-1} 、浸透率 1、ブルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	ブルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (ブルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.11	0.19	0.26	0.39	0.51
0.2	0.03	0.20	0.34	0.42	0.55	0.62
0.3	0.05	0.28	0.44	0.53	0.63	0.66
0.4	0.07	0.35	0.53	0.61	0.68	0.69
0.5	0.08	0.41	0.59	0.66	0.70	0.71
0.8	0.12	0.55	0.70	0.74	0.75	0.75
1.0	0.15	0.61	0.74	0.76	0.77	0.77

付録表 4.4 $I_2:CH_3I$ 粒子状=1:2:1 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（1 歳児、粒径 $0.3 \mu\text{m}$ ）の比）。 I_2 はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h^{-1} 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h^{-1} 、浸透率 1、ブルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	ブルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (ブルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.13	0.25	0.35	0.56	0.76
0.2	0.04	0.24	0.43	0.56	0.77	0.88
0.3	0.06	0.33	0.56	0.70	0.86	0.90
0.4	0.07	0.42	0.66	0.79	0.90	0.91
0.5	0.09	0.49	0.74	0.84	0.91	0.92
0.8	0.14	0.65	0.86	0.91	0.93	0.93
1.0	0.17	0.72	0.90	0.93	0.94	0.94

付録表 4.5 $I_2:CH_3I$ 粒子状=1:1:2 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（1 歳児、粒径 $0.3 \mu m$ ）の比）。 I_2 は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5 h^{-1}$ 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 $0 h^{-1}$ 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.09	0.16	0.20	0.28	0.35
0.2	0.03	0.17	0.28	0.33	0.41	0.45
0.3	0.05	0.24	0.37	0.43	0.49	0.50
0.4	0.06	0.30	0.44	0.49	0.53	0.54
0.5	0.08	0.36	0.49	0.54	0.57	0.57
0.8	0.12	0.48	0.60	0.62	0.63	0.63
1.0	0.14	0.54	0.64	0.65	0.66	0.66

付録表 4.6 $I_2:CH_3I$ 粒子状=1:1:2 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（1 歳児、粒径 $0.3 \mu m$ ）の比）。 I_2 はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5 h^{-1}$ 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 $0 h^{-1}$ 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.12	0.22	0.30	0.48	0.64
0.2	0.04	0.22	0.39	0.50	0.67	0.76
0.3	0.05	0.31	0.51	0.62	0.75	0.79
0.4	0.07	0.38	0.60	0.70	0.79	0.81
0.5	0.09	0.45	0.67	0.76	0.82	0.82
0.8	0.13	0.60	0.79	0.83	0.85	0.85
1.0	0.16	0.67	0.82	0.85	0.86	0.86

付録表 4.7 $I_2:CH_3I$ 粒子状=2:1:7 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（1 歳児、粒径 $0.3 \mu m$ ）の比）。 I_2 は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5 h^{-1}$ 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 $0 h^{-1}$ 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.01	0.08	0.13	0.16	0.20	0.23
0.2	0.03	0.15	0.23	0.27	0.31	0.33
0.3	0.04	0.22	0.31	0.35	0.38	0.39
0.4	0.06	0.27	0.37	0.41	0.43	0.43
0.5	0.07	0.32	0.42	0.45	0.47	0.47
0.8	0.11	0.43	0.52	0.54	0.54	0.54
1.0	0.13	0.49	0.56	0.57	0.57	0.57

付録表 4.8 $I_2:CH_3I$ 粒子状=2:1:7 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（1 歳児、粒径 $0.3 \mu m$ ）の比）。 I_2 はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5 h^{-1}$ 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 $0 h^{-1}$ 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.11	0.19	0.26	0.39	0.51
0.2	0.03	0.20	0.34	0.42	0.55	0.62
0.3	0.05	0.28	0.44	0.53	0.63	0.66
0.4	0.07	0.35	0.52	0.61	0.68	0.69
0.5	0.08	0.41	0.59	0.66	0.70	0.71
0.8	0.12	0.55	0.70	0.74	0.75	0.75
1.0	0.15	0.61	0.74	0.76	0.77	0.77

付録表 4.9 $I_2:CH_3I$ 粒子状=5:2:3 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（1 歳児、粒径 $0.3 \mu m$ ）の比）。 I_2 は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5 h^{-1}$ 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 $0 h^{-1}$ 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.09	0.14	0.17	0.22	0.27
0.2	0.03	0.16	0.25	0.29	0.34	0.37
0.3	0.04	0.23	0.33	0.37	0.42	0.43
0.4	0.06	0.28	0.39	0.43	0.46	0.47
0.5	0.07	0.33	0.45	0.48	0.50	0.50
0.8	0.11	0.45	0.55	0.57	0.57	0.57
1.0	0.13	0.51	0.59	0.60	0.60	0.60

付録表 4.10 $I_2:CH_3I$ 粒子状=5:2:3 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（1 歳児、粒径 $0.3 \mu m$ ）の比）。 I_2 はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5 h^{-1}$ 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 $0 h^{-1}$ 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.13	0.24	0.34	0.55	0.74
0.2	0.04	0.24	0.42	0.56	0.76	0.86
0.3	0.06	0.33	0.56	0.69	0.85	0.89
0.4	0.07	0.41	0.66	0.78	0.89	0.90
0.5	0.09	0.48	0.73	0.83	0.90	0.91
0.8	0.14	0.64	0.85	0.90	0.92	0.92
1.0	0.17	0.72	0.89	0.92	0.93	0.93

付録表 4.11 $I_2:CH_3I$:粒子状=1:2:1 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（1 歳児、粒径 $1\ \mu\text{m}$ ）の比）。 I_2 は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5\ \text{h}^{-1}$ 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 $0\ \text{h}^{-1}$ 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.10	0.19	0.25	0.38	0.50
0.2	0.03	0.20	0.33	0.42	0.54	0.60
0.3	0.05	0.28	0.44	0.53	0.62	0.65
0.4	0.07	0.34	0.52	0.60	0.67	0.68
0.5	0.08	0.40	0.58	0.65	0.69	0.70
0.8	0.12	0.54	0.69	0.73	0.74	0.74
1.0	0.15	0.61	0.73	0.75	0.76	0.76

付録表 4.12 $I_2:CH_3I$:粒子状=1:2:1 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（1 歳児、粒径 $1\ \mu\text{m}$ ）の比）。 I_2 はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5\ \text{h}^{-1}$ 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 $0\ \text{h}^{-1}$ 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.13	0.24	0.34	0.54	0.74
0.2	0.04	0.23	0.42	0.55	0.76	0.86
0.3	0.06	0.33	0.55	0.69	0.84	0.88
0.4	0.07	0.41	0.65	0.77	0.88	0.89
0.5	0.09	0.48	0.72	0.83	0.90	0.90
0.8	0.14	0.64	0.85	0.90	0.92	0.92
1.0	0.17	0.72	0.89	0.92	0.92	0.92

付録表 4.13 $I_2:CH_3I$ 粒子状=1:1:2 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（1 歳児、粒径 $1\ \mu\text{m}$ ）の比）。 I_2 は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5\ \text{h}^{-1}$ 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 $0\ \text{h}^{-1}$ 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.09	0.15	0.19	0.27	0.34
0.2	0.03	0.17	0.27	0.33	0.40	0.43
0.3	0.05	0.24	0.36	0.42	0.47	0.49
0.4	0.06	0.30	0.43	0.48	0.52	0.53
0.5	0.07	0.35	0.48	0.53	0.55	0.56
0.8	0.11	0.48	0.59	0.61	0.62	0.62
1.0	0.14	0.54	0.63	0.64	0.65	0.65

付録表 4.14 $I_2:CH_3I$ 粒子状=1:1:2 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（1 歳児、粒径 $1\ \mu\text{m}$ ）の比）。 I_2 はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5\ \text{h}^{-1}$ 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 $0\ \text{h}^{-1}$ 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.11	0.21	0.29	0.45	0.60
0.2	0.04	0.21	0.37	0.48	0.64	0.72
0.3	0.05	0.30	0.49	0.60	0.72	0.75
0.4	0.07	0.37	0.58	0.68	0.76	0.77
0.5	0.08	0.44	0.64	0.73	0.78	0.79
0.8	0.13	0.59	0.76	0.80	0.82	0.82
1.0	0.16	0.66	0.80	0.83	0.83	0.83

付録表 4.15 $I_2:CH_3I$:粒子状=2:1:7 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（1 歳児、粒径 $1\mu m$ ）の比）。 I_2 は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5h^{-1}$ 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 $0h^{-1}$ 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.01	0.08	0.13	0.15	0.19	0.22
0.2	0.03	0.15	0.23	0.26	0.30	0.31
0.3	0.04	0.21	0.30	0.34	0.37	0.37
0.4	0.06	0.27	0.37	0.40	0.42	0.42
0.5	0.07	0.32	0.41	0.44	0.46	0.46
0.8	0.11	0.43	0.51	0.53	0.53	0.53
1.0	0.13	0.48	0.56	0.56	0.57	0.57

付録表 4.16 $I_2:CH_3I$:粒子状=2:1:7 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（1 歳児、粒径 $1\mu m$ ）の比）。 I_2 はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5h^{-1}$ 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 $0h^{-1}$ 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.10	0.18	0.24	0.36	0.47
0.2	0.03	0.19	0.32	0.40	0.52	0.57
0.3	0.05	0.27	0.42	0.50	0.59	0.62
0.4	0.06	0.34	0.50	0.57	0.64	0.65
0.5	0.08	0.39	0.56	0.62	0.66	0.67
0.8	0.12	0.53	0.67	0.70	0.71	0.72
1.0	0.15	0.59	0.71	0.73	0.74	0.74

付録表 4.17 $I_2:CH_3I$ 粒子状=5:2:3 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（1 歳児、粒径 $1\mu m$ ）の比）。 I_2 は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5h^{-1}$ 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 $0h^{-1}$ 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.08	0.14	0.17	0.22	0.27
0.2	0.03	0.16	0.24	0.29	0.34	0.36
0.3	0.04	0.22	0.33	0.37	0.41	0.42
0.4	0.06	0.28	0.39	0.43	0.46	0.46
0.5	0.07	0.33	0.44	0.48	0.50	0.50
0.8	0.11	0.45	0.54	0.56	0.57	0.57
1.0	0.13	0.51	0.59	0.60	0.60	0.60

付録表 4.18 $I_2:CH_3I$ 粒子状=5:2:3 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（1 歳児、粒径 $1\mu m$ ）の比）。 I_2 はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5h^{-1}$ 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 $0h^{-1}$ 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.12	0.24	0.33	0.53	0.72
0.2	0.04	0.23	0.42	0.54	0.74	0.84
0.3	0.06	0.33	0.55	0.68	0.83	0.87
0.4	0.07	0.41	0.64	0.76	0.87	0.88
0.5	0.09	0.48	0.71	0.81	0.88	0.89
0.8	0.14	0.63	0.84	0.89	0.91	0.91
1.0	0.17	0.71	0.88	0.91	0.91	0.91

付録表 4.19 I₂:CH₃I:粒子状=1:2:1 の場合の吸入被ばく低減係数 (甲状腺等価線量 (大人、粒径 0.3 μm) の比)。I₂は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h⁻¹、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h⁻¹、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.11	0.19	0.26	0.40	0.52
0.2	0.03	0.20	0.34	0.43	0.56	0.63
0.3	0.05	0.28	0.45	0.54	0.64	0.67
0.4	0.07	0.35	0.53	0.62	0.69	0.70
0.5	0.08	0.41	0.59	0.67	0.71	0.72
0.8	0.13	0.55	0.71	0.74	0.76	0.76
1.0	0.15	0.62	0.75	0.77	0.77	0.77

付録表 4.20 I₂:CH₃I:粒子状=1:2:1 の場合の吸入被ばく低減係数 (甲状腺等価線量 (大人、粒径 0.3 μm) の比)。I₂はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h⁻¹、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h⁻¹、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.13	0.25	0.35	0.57	0.77
0.2	0.04	0.24	0.43	0.57	0.79	0.89
0.3	0.06	0.34	0.57	0.71	0.87	0.92
0.4	0.07	0.42	0.67	0.80	0.91	0.93
0.5	0.09	0.49	0.74	0.85	0.93	0.93
0.8	0.14	0.66	0.87	0.92	0.94	0.94
1.0	0.17	0.73	0.91	0.94	0.95	0.95

付録表 4.21 $I_2:CH_3I$ 粒子状=1:1:2 の場合の吸入被ばく低減係数 (甲状腺等価線量 (大人、粒径 $0.3 \mu m$) の比)。 I_2 は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5 h^{-1}$ 、浸透率 0.75 、ガス状の沈着速度 $0 h^{-1}$ 、浸透率 1 、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.09	0.16	0.20	0.29	0.37
0.2	0.03	0.17	0.28	0.34	0.43	0.47
0.3	0.05	0.25	0.37	0.44	0.50	0.52
0.4	0.06	0.31	0.45	0.50	0.55	0.55
0.5	0.08	0.36	0.50	0.55	0.58	0.58
0.8	0.12	0.49	0.61	0.63	0.64	0.64
1.0	0.14	0.55	0.65	0.66	0.67	0.67

付録表 4.22 $I_2:CH_3I$ 粒子状=1:1:2 の場合の吸入被ばく低減係数 (甲状腺等価線量 (大人、粒径 $0.3 \mu m$) の比)。 I_2 はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5 h^{-1}$ 、浸透率 0.75 、ガス状の沈着速度 $0 h^{-1}$ 、浸透率 1 、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.12	0.23	0.32	0.50	0.67
0.2	0.04	0.22	0.40	0.51	0.70	0.79
0.3	0.05	0.31	0.52	0.64	0.78	0.82
0.4	0.07	0.39	0.61	0.72	0.82	0.83
0.5	0.09	0.46	0.68	0.78	0.84	0.84
0.8	0.13	0.61	0.80	0.85	0.87	0.87
1.0	0.16	0.69	0.84	0.87	0.88	0.88

付録表 4.23 $I_2:CH_3I$:粒子状=2:1:7 の場合の吸入被ばく低減係数 (甲状腺等価線量 (大人、粒径 $0.3 \mu m$) の比)。 I_2 は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5 h^{-1}$ 、浸透率 0.75 、ガス状の沈着速度 $0 h^{-1}$ 、浸透率 1 、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.01	0.08	0.13	0.16	0.21	0.24
0.2	0.03	0.16	0.23	0.27	0.32	0.34
0.3	0.04	0.22	0.31	0.35	0.39	0.40
0.4	0.06	0.27	0.38	0.41	0.44	0.44
0.5	0.07	0.32	0.43	0.46	0.48	0.48
0.8	0.11	0.44	0.53	0.55	0.55	0.55
1.0	0.13	0.50	0.57	0.58	0.58	0.58

付録表 4.24 $I_2:CH_3I$:粒子状=2:1:7 の場合の吸入被ばく低減係数 (甲状腺等価線量 (大人、粒径 $0.3 \mu m$) の比)。 I_2 はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5 h^{-1}$ 、浸透率 0.75 、ガス状の沈着速度 $0 h^{-1}$ 、浸透率 1 、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.11	0.20	0.27	0.41	0.54
0.2	0.03	0.20	0.35	0.44	0.59	0.65
0.3	0.05	0.29	0.46	0.56	0.67	0.69
0.4	0.07	0.36	0.54	0.63	0.71	0.72
0.5	0.08	0.42	0.61	0.68	0.73	0.74
0.8	0.13	0.56	0.72	0.76	0.77	0.77
1.0	0.15	0.63	0.76	0.79	0.79	0.79

付録表 4.25 I₂:CH₃I:粒子状=5:2:3 の場合の吸入被ばく低減係数 (甲状腺等価線量 (大人、粒径 0.3 μm) の比)。I₂は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h⁻¹、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h⁻¹、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.09	0.14	0.17	0.23	0.28
0.2	0.03	0.16	0.25	0.29	0.35	0.37
0.3	0.04	0.23	0.33	0.38	0.42	0.43
0.4	0.06	0.28	0.40	0.44	0.47	0.47
0.5	0.07	0.33	0.45	0.48	0.50	0.51
0.8	0.11	0.45	0.55	0.57	0.57	0.57
1.0	0.14	0.51	0.59	0.60	0.61	0.61

付録表 4.26 I₂:CH₃I:粒子状=5:2:3 の場合の吸入被ばく低減係数 (甲状腺等価線量 (大人、粒径 0.3 μm) の比)。I₂はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h⁻¹、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h⁻¹、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.13	0.25	0.35	0.56	0.76
0.2	0.04	0.24	0.43	0.57	0.78	0.88
0.3	0.06	0.33	0.56	0.70	0.86	0.91
0.4	0.07	0.42	0.66	0.79	0.90	0.92
0.5	0.09	0.49	0.74	0.84	0.92	0.92
0.8	0.14	0.65	0.86	0.92	0.93	0.93
1.0	0.17	0.73	0.90	0.93	0.94	0.94

付録表 4.27 I₂:CH₃I:粒子状=1:2:1 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（大人、粒径 1 μm）の比）。I₂は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h⁻¹、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h⁻¹、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.11	0.19	0.26	0.39	0.51
0.2	0.03	0.20	0.33	0.42	0.55	0.61
0.3	0.05	0.28	0.44	0.53	0.63	0.66
0.4	0.07	0.35	0.52	0.61	0.67	0.68
0.5	0.08	0.41	0.59	0.66	0.70	0.70
0.8	0.12	0.55	0.70	0.73	0.75	0.75
1.0	0.15	0.61	0.74	0.76	0.76	0.76

付録表 4.28 I₂:CH₃I:粒子状=1:2:1 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（大人、粒径 1 μm）の比）。I₂はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h⁻¹、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h⁻¹、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.13	0.25	0.34	0.55	0.75
0.2	0.04	0.24	0.43	0.56	0.77	0.87
0.3	0.06	0.33	0.56	0.69	0.85	0.89
0.4	0.07	0.41	0.66	0.78	0.89	0.91
0.5	0.09	0.48	0.73	0.83	0.91	0.91
0.8	0.14	0.65	0.85	0.91	0.93	0.93
1.0	0.17	0.72	0.89	0.92	0.93	0.93

付録表 4.29 I₂:CH₃I:粒子状=1:1:2 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（大人、粒径 1 μm）の比）。I₂は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h⁻¹、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h⁻¹、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.09	0.16	0.20	0.28	0.35
0.2	0.03	0.17	0.27	0.33	0.41	0.45
0.3	0.05	0.24	0.36	0.42	0.48	0.50
0.4	0.06	0.30	0.44	0.49	0.53	0.54
0.5	0.07	0.36	0.49	0.54	0.56	0.57
0.8	0.12	0.48	0.60	0.62	0.63	0.63
1.0	0.14	0.54	0.64	0.65	0.65	0.65

付録表 4.30 I₂:CH₃I:粒子状=1:1:2 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（大人、粒径 1 μm）の比）。I₂はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h⁻¹、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h⁻¹、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.12	0.22	0.30	0.47	0.63
0.2	0.04	0.22	0.38	0.49	0.66	0.74
0.3	0.05	0.30	0.50	0.61	0.74	0.77
0.4	0.07	0.38	0.59	0.69	0.78	0.79
0.5	0.09	0.45	0.66	0.74	0.80	0.81
0.8	0.13	0.60	0.78	0.82	0.83	0.83
1.0	0.16	0.67	0.82	0.84	0.85	0.85

付録表 4.31 $I_2:CH_3I$:粒子状=2:1:7 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（大人、粒径 1 μm ）の比）。 I_2 は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h^{-1} 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h^{-1} 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.01	0.08	0.13	0.15	0.20	0.23
0.2	0.03	0.15	0.23	0.26	0.31	0.32
0.3	0.04	0.22	0.31	0.34	0.38	0.38
0.4	0.06	0.27	0.37	0.40	0.42	0.43
0.5	0.07	0.32	0.42	0.45	0.46	0.46
0.8	0.11	0.43	0.52	0.53	0.54	0.54
1.0	0.13	0.49	0.56	0.57	0.57	0.57

付録表 4.32 $I_2:CH_3I$:粒子状=2:1:7 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（大人、粒径 1 μm ）の比）。 I_2 はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h^{-1} 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h^{-1} 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.10	0.19	0.25	0.37	0.49
0.2	0.03	0.19	0.33	0.41	0.54	0.60
0.3	0.05	0.27	0.43	0.52	0.61	0.64
0.4	0.07	0.34	0.51	0.59	0.66	0.67
0.5	0.08	0.40	0.58	0.64	0.69	0.69
0.8	0.12	0.54	0.69	0.72	0.73	0.73
1.0	0.15	0.61	0.73	0.75	0.75	0.75

付録表 4.33 I₂:CH₃I:粒子状=5:2:3 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（大人、粒径 1 μm）の比）。I₂は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h⁻¹、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h⁻¹、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.09	0.14	0.17	0.22	0.27
0.2	0.03	0.16	0.25	0.29	0.34	0.37
0.3	0.04	0.23	0.33	0.37	0.41	0.42
0.4	0.06	0.28	0.39	0.43	0.46	0.47
0.5	0.07	0.33	0.45	0.48	0.50	0.50
0.8	0.11	0.45	0.55	0.57	0.57	0.57
1.0	0.13	0.51	0.59	0.60	0.60	0.60

付録表 4.34 I₂:CH₃I:粒子状=5:2:3 の場合の吸入被ばく低減係数（甲状腺等価線量（大人、粒径 1 μm）の比）。I₂はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h⁻¹、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h⁻¹、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.13	0.24	0.34	0.54	0.73
0.2	0.04	0.23	0.42	0.55	0.75	0.85
0.3	0.06	0.33	0.55	0.68	0.84	0.88
0.4	0.07	0.41	0.65	0.77	0.88	0.89
0.5	0.09	0.48	0.72	0.82	0.89	0.90
0.8	0.14	0.64	0.85	0.90	0.92	0.92
1.0	0.17	0.71	0.88	0.92	0.92	0.92

付録表 4.35 $I_2:CH_3I$ 粒子状=1:2:1 の場合の吸入被ばく低減係数（実効線量（大人、粒径 $0.3 \mu m$ ））。 I_2 は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5 h^{-1}$ 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 $0 h^{-1}$ 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.11	0.19	0.26	0.39	0.51
0.2	0.03	0.20	0.34	0.43	0.56	0.62
0.3	0.05	0.28	0.45	0.54	0.64	0.66
0.4	0.07	0.35	0.53	0.61	0.68	0.69
0.5	0.08	0.41	0.59	0.66	0.71	0.71
0.8	0.13	0.55	0.70	0.74	0.75	0.75
1.0	0.15	0.62	0.74	0.76	0.77	0.77

付録表 4.36 $I_2:CH_3I$ 粒子状=1:2:1 の場合の吸入被ばく低減係数（実効線量（大人、粒径 $0.3 \mu m$ ））。 I_2 はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5 h^{-1}$ 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 $0 h^{-1}$ 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.13	0.25	0.35	0.57	0.77
0.2	0.04	0.24	0.44	0.57	0.79	0.89
0.3	0.06	0.34	0.57	0.71	0.87	0.92
0.4	0.07	0.42	0.67	0.80	0.91	0.93
0.5	0.09	0.49	0.74	0.85	0.93	0.93
0.8	0.14	0.66	0.87	0.92	0.94	0.94
1.0	0.17	0.73	0.91	0.94	0.95	0.95

付録表 4.37 I₂:CH₃I:粒子状=1:1:2 の場合の吸入被ばく低減係数（実効線量（大人、粒径 0.3 μm）の比）。I₂は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h⁻¹、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h⁻¹、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.09	0.16	0.20	0.29	0.36
0.2	0.03	0.17	0.28	0.34	0.42	0.46
0.3	0.05	0.24	0.37	0.43	0.50	0.51
0.4	0.06	0.31	0.44	0.50	0.54	0.55
0.5	0.08	0.36	0.50	0.55	0.57	0.58
0.8	0.12	0.49	0.60	0.63	0.64	0.64
1.0	0.14	0.55	0.64	0.66	0.66	0.66

付録表 4.38 I₂:CH₃I:粒子状=1:1:2 の場合の吸入被ばく低減係数（実効線量（大人、粒径 0.3 μm）の比）。I₂はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h⁻¹、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h⁻¹、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.12	0.23	0.32	0.50	0.67
0.2	0.04	0.22	0.40	0.52	0.70	0.79
0.3	0.05	0.31	0.52	0.64	0.78	0.82
0.4	0.07	0.39	0.62	0.73	0.82	0.84
0.5	0.09	0.46	0.69	0.78	0.84	0.85
0.8	0.13	0.62	0.81	0.85	0.87	0.87
1.0	0.16	0.69	0.85	0.87	0.88	0.88

付録表 4.39 I₂:CH₃I:粒子状=2:1:7 の場合の吸入被ばく低減係数（実効線量（大人、粒径 0.3 μm）の比）。I₂は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h⁻¹、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h⁻¹、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.01	0.08	0.13	0.16	0.20	0.24
0.2	0.03	0.15	0.23	0.27	0.32	0.34
0.3	0.04	0.22	0.31	0.35	0.39	0.39
0.4	0.06	0.27	0.38	0.41	0.44	0.44
0.5	0.07	0.32	0.43	0.46	0.47	0.47
0.8	0.11	0.44	0.53	0.54	0.55	0.55
1.0	0.13	0.49	0.57	0.58	0.58	0.58

付録表 4.40 I₂:CH₃I:粒子状=2:1:7 の場合の吸入被ばく低減係数（実効線量（大人、粒径 0.3 μm）の比）。I₂はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h⁻¹、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h⁻¹、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.11	0.20	0.27	0.42	0.55
0.2	0.03	0.20	0.35	0.45	0.59	0.66
0.3	0.05	0.29	0.46	0.56	0.67	0.70
0.4	0.07	0.36	0.55	0.64	0.71	0.73
0.5	0.08	0.42	0.61	0.69	0.74	0.74
0.8	0.13	0.57	0.73	0.77	0.78	0.78
1.0	0.16	0.63	0.77	0.79	0.80	0.80

付録表 4.41 I₂:CH₃I:粒子状=5:2:3 の場合の吸入被ばく低減係数（実効線量（大人、粒径 0.3 μm）の比）。I₂は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h⁻¹、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h⁻¹、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.09	0.14	0.17	0.22	0.27
0.2	0.03	0.16	0.25	0.29	0.34	0.37
0.3	0.04	0.23	0.33	0.37	0.42	0.43
0.4	0.06	0.28	0.39	0.43	0.46	0.47
0.5	0.07	0.33	0.45	0.48	0.50	0.50
0.8	0.11	0.45	0.55	0.57	0.57	0.57
1.0	0.13	0.51	0.59	0.60	0.60	0.60

付録表 4.42 I₂:CH₃I:粒子状=5:2:3 の場合の吸入被ばく低減係数（実効線量（大人、粒径 0.3 μm）の比）。I₂はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h⁻¹、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h⁻¹、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.13	0.25	0.35	0.56	0.76
0.2	0.04	0.24	0.43	0.57	0.78	0.88
0.3	0.06	0.33	0.57	0.70	0.87	0.91
0.4	0.07	0.42	0.67	0.79	0.90	0.92
0.5	0.09	0.49	0.74	0.85	0.92	0.93
0.8	0.14	0.65	0.86	0.92	0.94	0.94
1.0	0.17	0.73	0.90	0.93	0.94	0.94

付録表 4.43 $I_2:CH_3I$:粒子状=1:2:1 の場合の吸入被ばく低減係数（実効線量（大人、粒径 $1\mu m$ ）の比）。 I_2 は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5h^{-1}$ 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 $0h^{-1}$ 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.11	0.19	0.25	0.38	0.50
0.2	0.03	0.20	0.33	0.42	0.55	0.61
0.3	0.05	0.28	0.44	0.53	0.62	0.65
0.4	0.07	0.35	0.52	0.60	0.67	0.68
0.5	0.08	0.41	0.58	0.65	0.69	0.69
0.8	0.12	0.54	0.69	0.73	0.74	0.74
1.0	0.15	0.61	0.73	0.75	0.76	0.76

付録表 4.44 $I_2:CH_3I$:粒子状=1:2:1 の場合の吸入被ばく低減係数（実効線量（大人、粒径 $1\mu m$ ）の比）。 I_2 はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5h^{-1}$ 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 $0h^{-1}$ 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.13	0.25	0.34	0.55	0.75
0.2	0.04	0.24	0.43	0.56	0.77	0.87
0.3	0.06	0.33	0.56	0.70	0.85	0.90
0.4	0.07	0.41	0.66	0.78	0.89	0.91
0.5	0.09	0.49	0.73	0.84	0.91	0.91
0.8	0.14	0.65	0.85	0.91	0.93	0.93
1.0	0.17	0.72	0.89	0.93	0.93	0.93

付録表 4.45 $I_2:CH_3I$:粒子状=1:1:2 の場合の吸入被ばく低減係数（実効線量（大人、粒径 $1\mu m$ ）の比）。 I_2 は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5h^{-1}$ 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 $0h^{-1}$ 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.09	0.15	0.20	0.27	0.34
0.2	0.03	0.17	0.27	0.33	0.40	0.44
0.3	0.05	0.24	0.36	0.42	0.48	0.49
0.4	0.06	0.30	0.43	0.48	0.53	0.53
0.5	0.07	0.36	0.49	0.53	0.56	0.56
0.8	0.12	0.48	0.59	0.61	0.62	0.62
1.0	0.14	0.54	0.63	0.65	0.65	0.65

付録表 4.46 $I_2:CH_3I$:粒子状=1:1:2 の場合の吸入被ばく低減係数（実効線量（大人、粒径 $1\mu m$ ））。 I_2 はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 $0.5h^{-1}$ 、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 $0h^{-1}$ 、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.12	0.22	0.30	0.47	0.63
0.2	0.04	0.22	0.38	0.49	0.66	0.74
0.3	0.05	0.30	0.50	0.61	0.74	0.78
0.4	0.07	0.38	0.59	0.69	0.78	0.80
0.5	0.09	0.45	0.66	0.75	0.80	0.81
0.8	0.13	0.60	0.78	0.82	0.84	0.84
1.0	0.16	0.67	0.82	0.84	0.85	0.85

付録表 4.47 I₂:CH₃I:粒子状=2:1:7 の場合の吸入被ばく低減係数（実効線量（大人、粒径 1 μm））。I₂は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h⁻¹、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h⁻¹、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.01	0.08	0.13	0.15	0.19	0.23
0.2	0.03	0.15	0.23	0.26	0.30	0.32
0.3	0.04	0.22	0.31	0.34	0.37	0.38
0.4	0.06	0.27	0.37	0.40	0.42	0.43
0.5	0.07	0.32	0.42	0.45	0.46	0.46
0.8	0.11	0.43	0.52	0.53	0.54	0.54
1.0	0.13	0.49	0.56	0.57	0.57	0.57

付録表 4.48 I₂:CH₃I:粒子状=2:1:7 の場合の吸入被ばく低減係数（実効線量（大人、粒径 1 μm））。I₂はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h⁻¹、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h⁻¹、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.10	0.19	0.25	0.38	0.49
0.2	0.03	0.20	0.33	0.42	0.54	0.60
0.3	0.05	0.27	0.44	0.52	0.62	0.64
0.4	0.07	0.34	0.52	0.60	0.67	0.67
0.5	0.08	0.40	0.58	0.65	0.69	0.69
0.8	0.12	0.54	0.69	0.72	0.74	0.74
1.0	0.15	0.61	0.73	0.75	0.76	0.76

付録表 4.49 I₂:CH₃I:粒子状=5:2:3 の場合の吸入被ばく低減係数（実効線量（大人、粒径 1 μm））。I₂は粒子状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h⁻¹、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h⁻¹、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

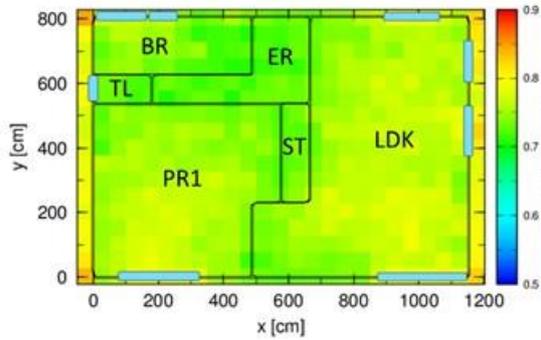
自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.08	0.14	0.17	0.22	0.27
0.2	0.03	0.16	0.24	0.29	0.34	0.36
0.3	0.04	0.22	0.33	0.37	0.41	0.42
0.4	0.06	0.28	0.39	0.43	0.46	0.46
0.5	0.07	0.33	0.44	0.48	0.49	0.50
0.8	0.11	0.45	0.54	0.56	0.57	0.57
1.0	0.14	0.51	0.59	0.60	0.60	0.60

付録表 4.50 I₂:CH₃I:粒子状=5:2:3 の場合の吸入被ばく低減係数（実効線量（大人、粒径 1 μm））。I₂はガス状として挙動する。粒子状の沈着速度 0.5 h⁻¹、浸透率 0.75、ガス状の沈着速度 0 h⁻¹、浸透率 1、プルーム通過継続時間 30 分。

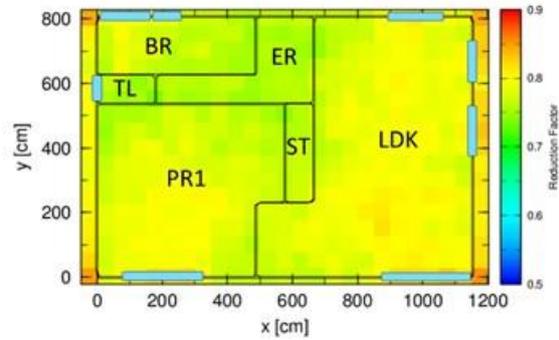
自然換気率 (h)	プルーム通過からの経過時間 (h)					
	0.5 (プルーム通過直後)	2	4	6	12	24
0.1	0.02	0.13	0.24	0.34	0.54	0.74
0.2	0.04	0.23	0.42	0.55	0.76	0.86
0.3	0.06	0.33	0.55	0.69	0.84	0.88
0.4	0.07	0.41	0.65	0.77	0.88	0.90
0.5	0.09	0.48	0.72	0.83	0.90	0.90
0.8	0.14	0.64	0.85	0.90	0.92	0.92
1.0	0.17	0.72	0.89	0.92	0.92	0.92

付録5 外部被ばく低減効果の解析に関する補足資料

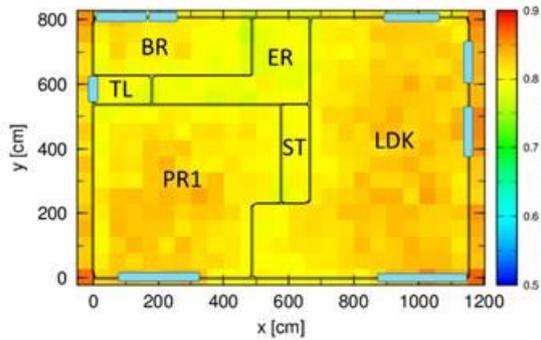
代表的なケースに対する被ばく低減係数の分布



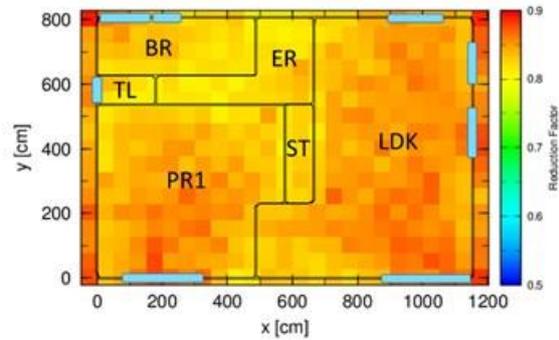
クラウドシャイン-400keV



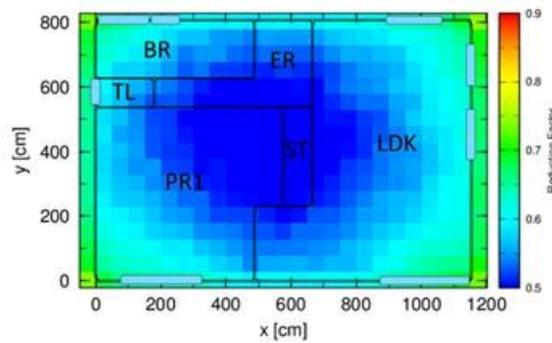
クラウドシャイン-Cs137



クラウドシャイン-1000keV

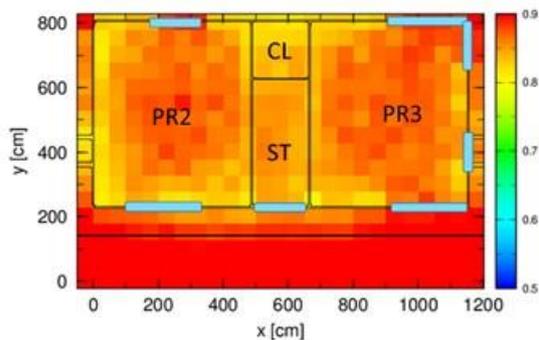


クラウドシャイン-1500keV

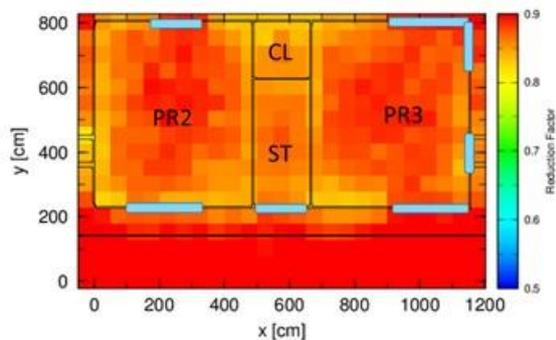


グラウンドシャイン-Cs137

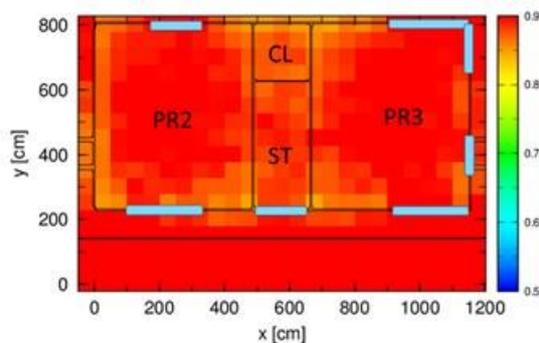
付録図 5.1 木造二階建て住宅 一階の被ばく低減係数の分布 (窯業系サイディング材)



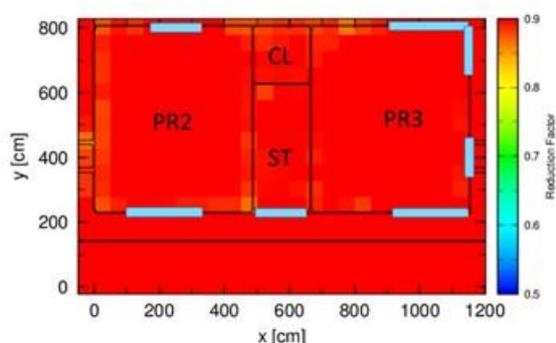
クラウドシャイン-400keV



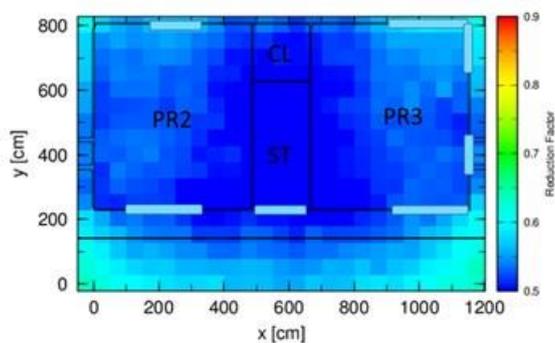
クラウドシャイン-Cs137



クラウドシャイン-1000keV

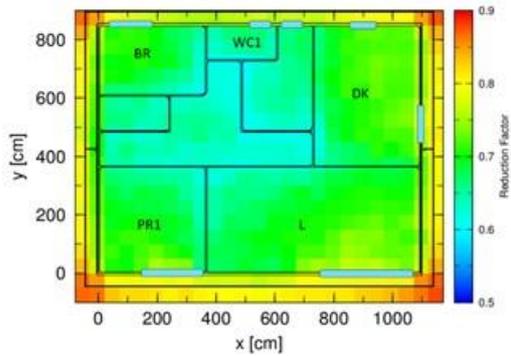


クラウドシャイン-1500keV

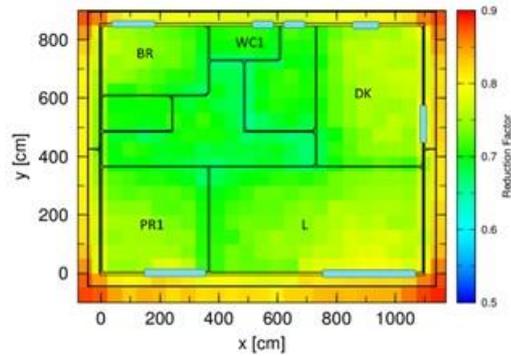


グラウンドシャイン-Cs137

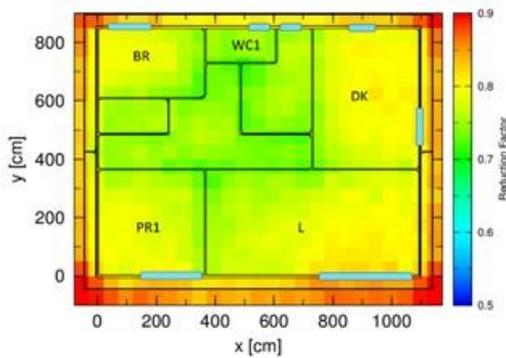
付録図 5.2 木造二階建て住宅 二階の被ばく低減係数の分布 (窯業系サイディング材)



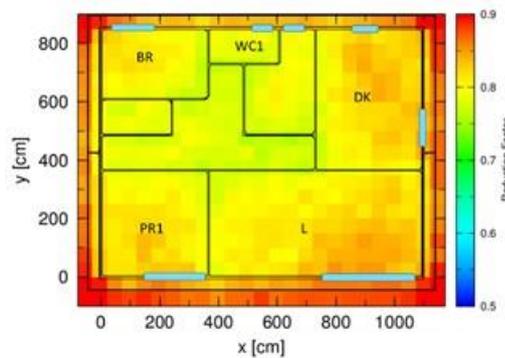
クラウドシャイン-400keV



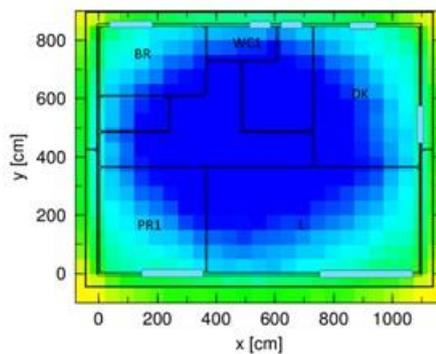
クラウドシャイン-Cs137



クラウドシャイン-1000keV

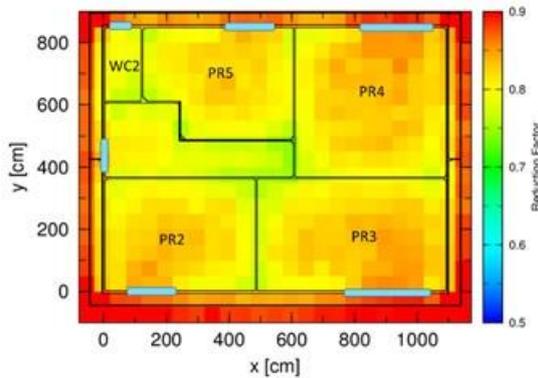


クラウドシャイン-1500keV

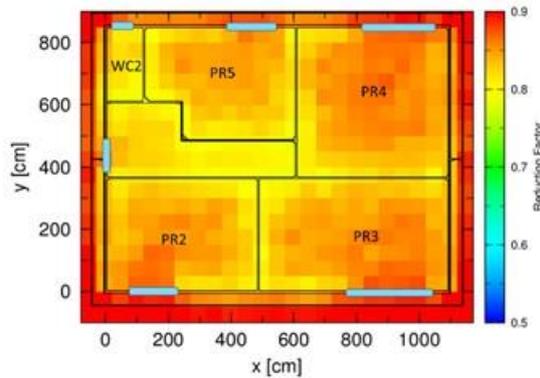


グラウンドシャイン-Cs137

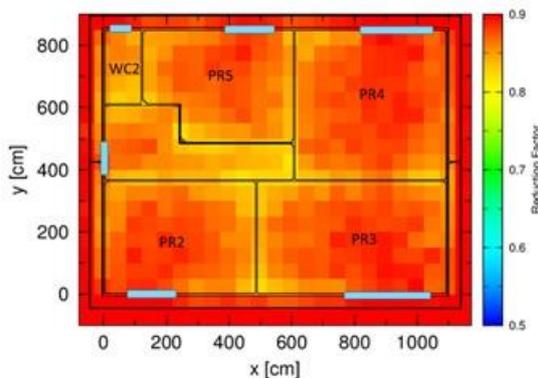
付録図 5.3 鉄骨造二階建て住宅 一階の被ばく低減係数の分布 (窯業系サイディング材)



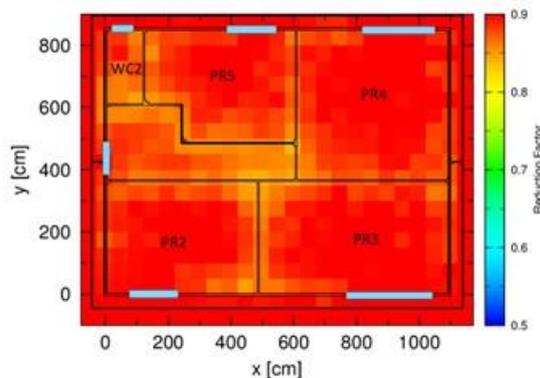
クラウドシャイン-400keV



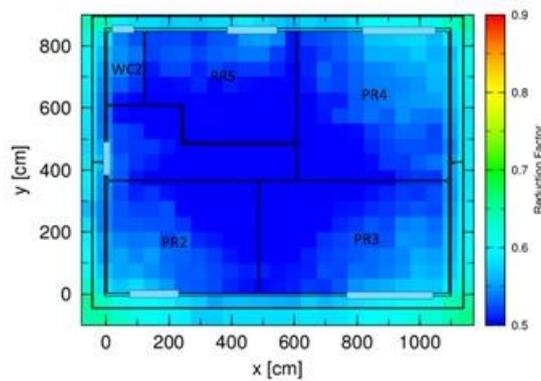
クラウドシャイン-Cs137



クラウドシャイン-1000keV

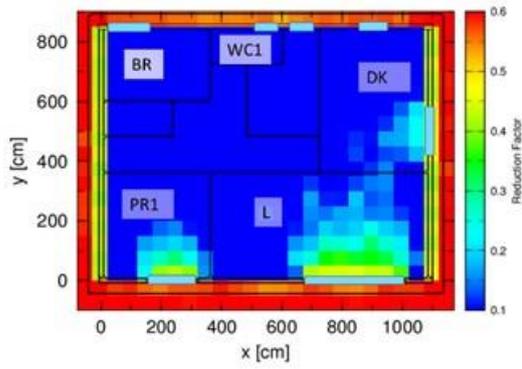


クラウドシャイン-1500keV

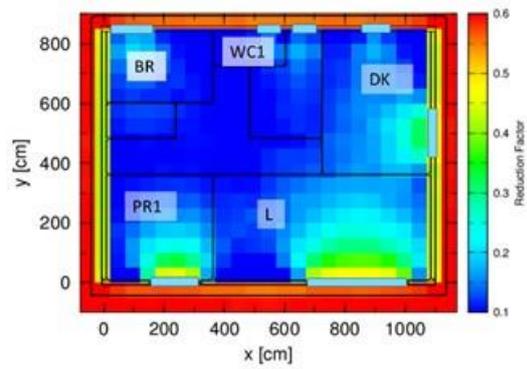


グラウンドシャイン-Cs137

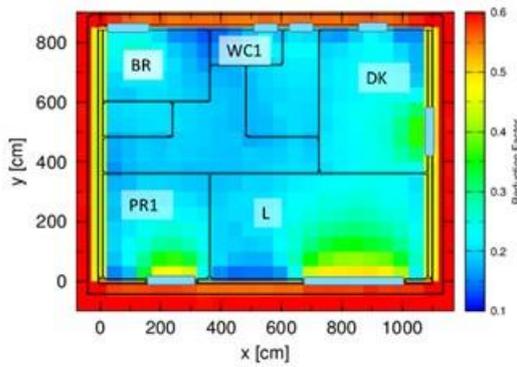
付録図 5.4 鉄骨造二階建て住宅 二階の被ばく低減係数の分布 (窯業系サイディング材)



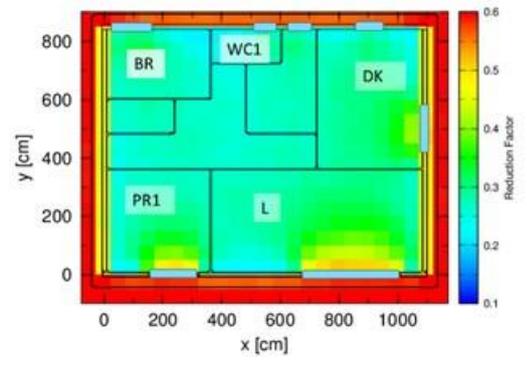
クラウドシャイン-400keV



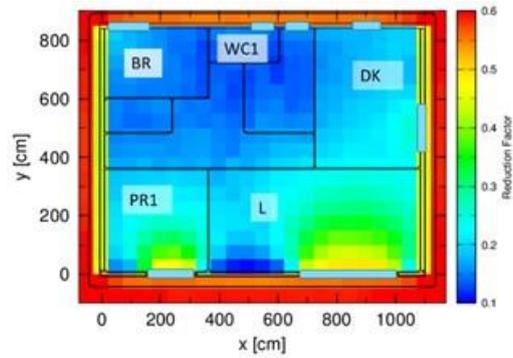
クラウドシャイン-Cs137



クラウドシャイン-1000keV

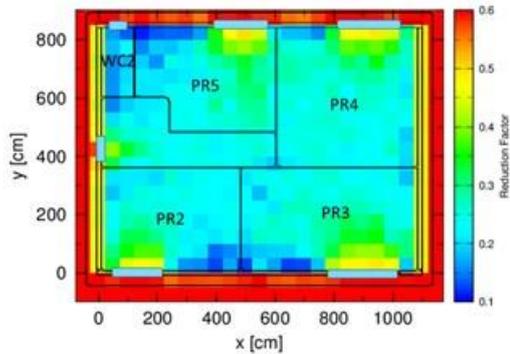


クラウドシャイン-1500keV

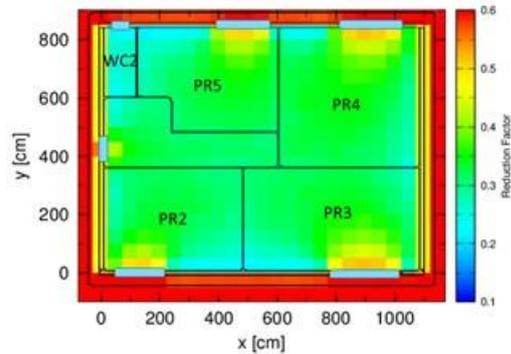


グラウンドシャイン-Cs137

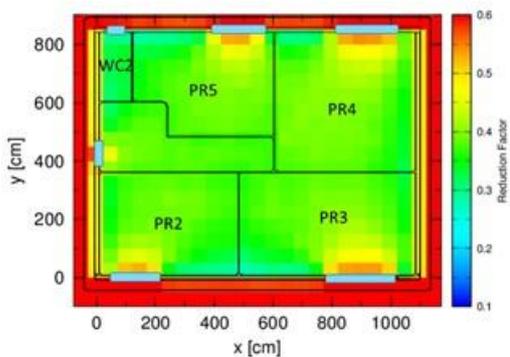
付録図 5.5 鉄筋コンクリート造二階建て住宅 一階の被ばく低減係数の分布



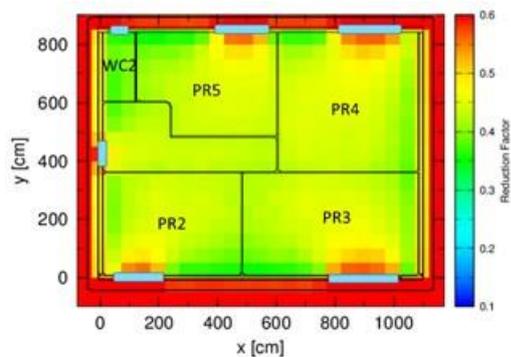
クラウドシャイン-400keV



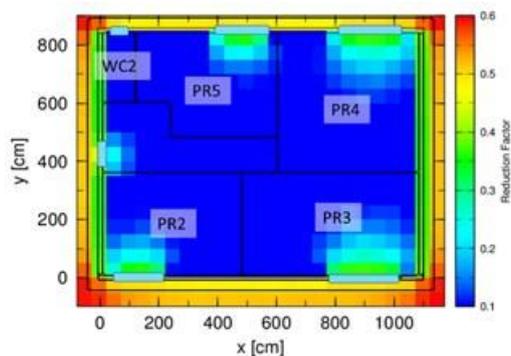
クラウドシャイン-Cs137



クラウドシャイン-1000keV

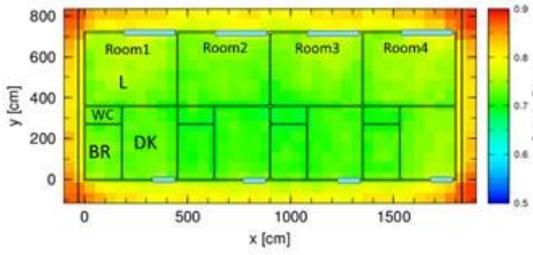


クラウドシャイン-1500keV

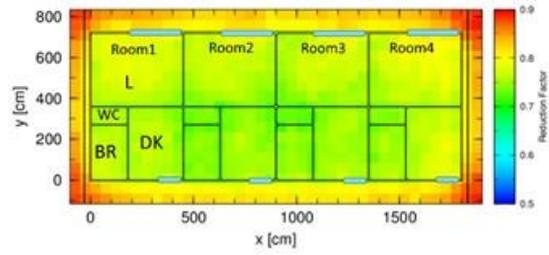


グラウンドシャイン-Cs137

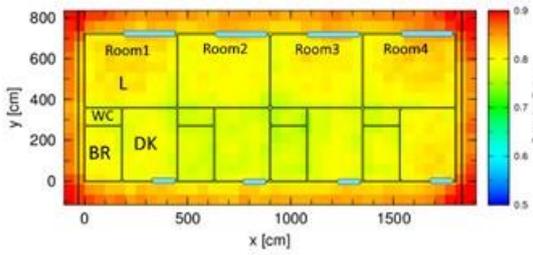
付録図 5.6 鉄筋コンクリート造二階建て住宅 二階の被ばく低減係数の分布



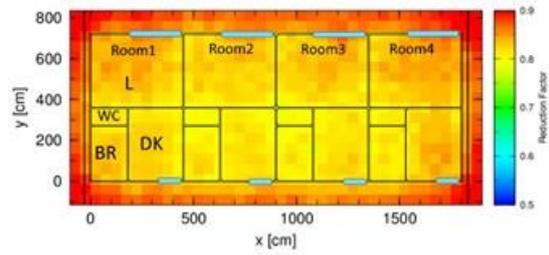
クラウドシャイン-400keV



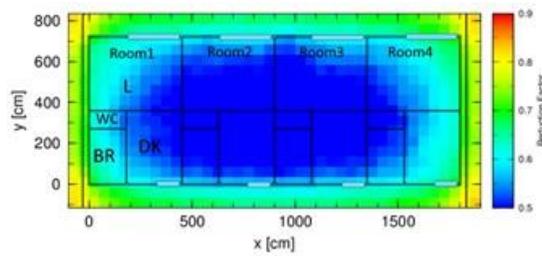
クラウドシャイン-Cs137



クラウドシャイン-1000keV

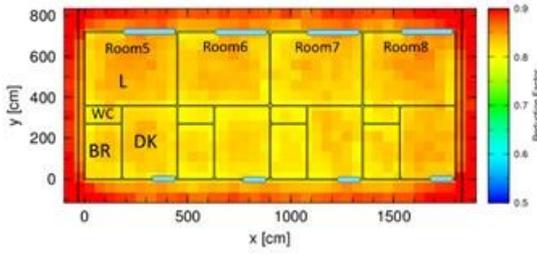


クラウドシャイン-1500keV

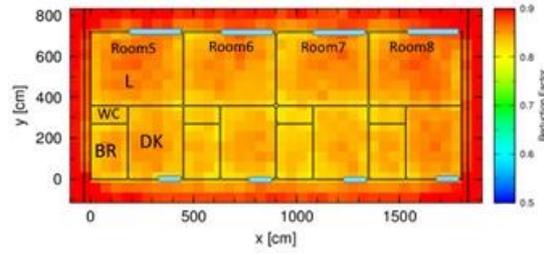


グラウンドシャイン-Cs137

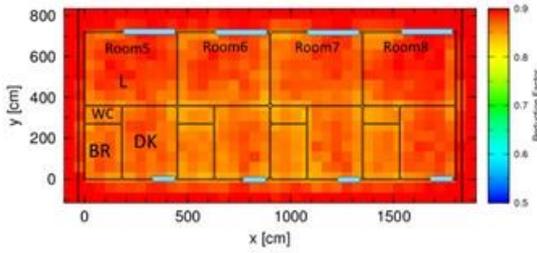
付録図 5.7 木造共同・長屋建て住宅 一階の被ばく低減係数の分布 (窯業系サイディング材)



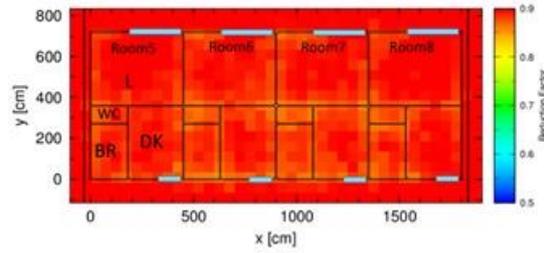
クラウドシャイン-400keV



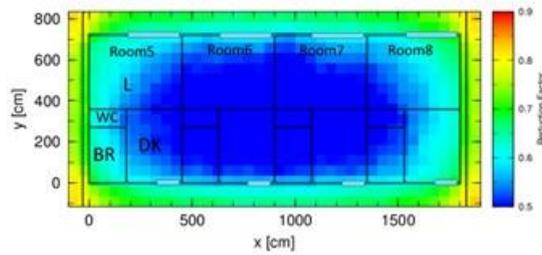
クラウドシャイン-Cs137



クラウドシャイン-1000keV

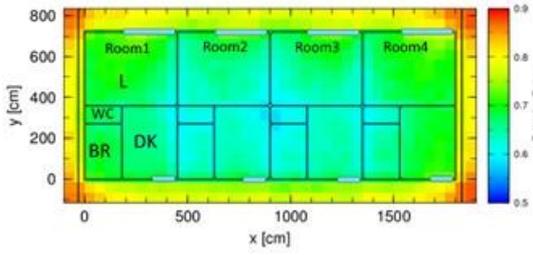


クラウドシャイン-1500keV

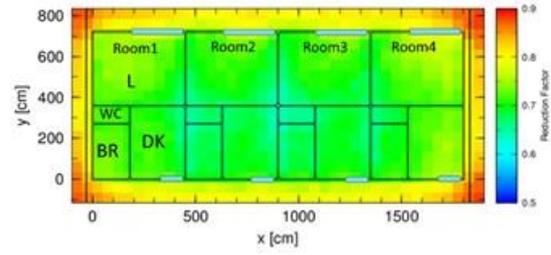


グラウンドシャイン-Cs137

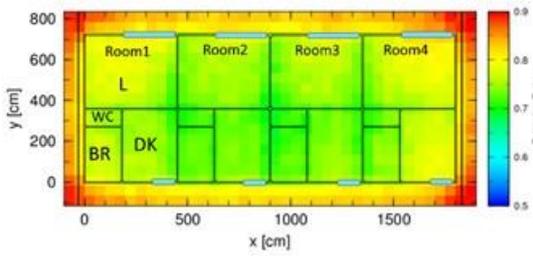
付録図 5.8 木造共同・長屋建て住宅 二階の被ばく低減係数の分布（窯業系サイディング材）



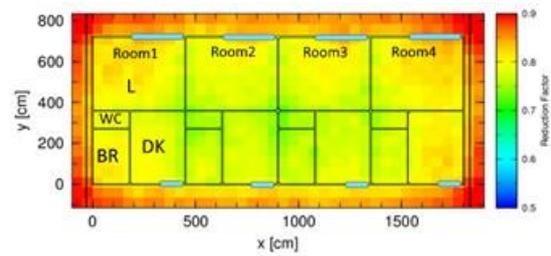
クラウドシャイン-400keV



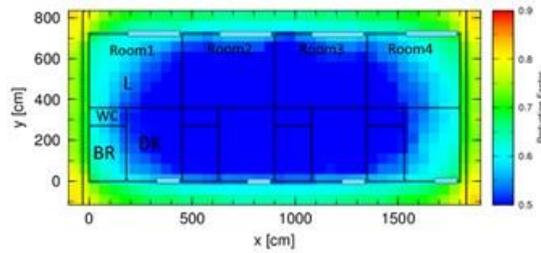
クラウドシャイン-Cs137



クラウドシャイン-1000keV

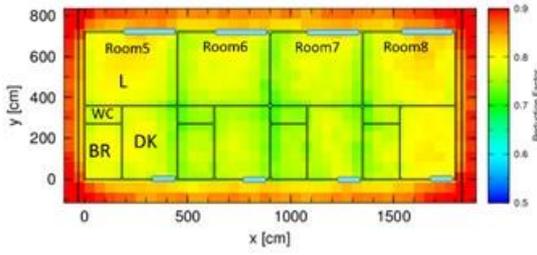


クラウドシャイン-1500keV

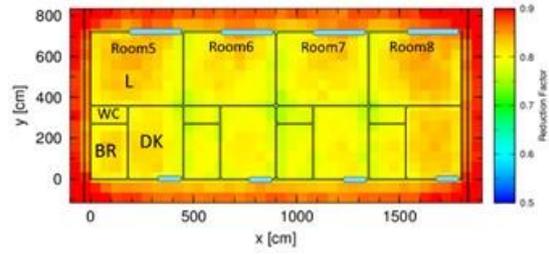


グラウンドシャイン-Cs137

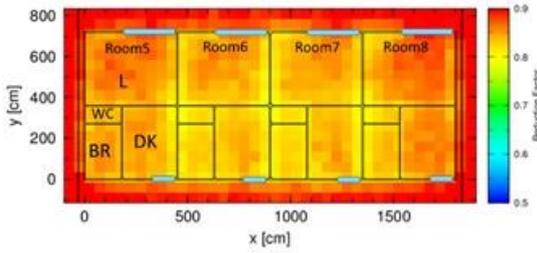
付録図 5.9 鉄骨造共同・長屋建て住宅 一階の被ばく低減係数の分布 (窯業系サイディング材)



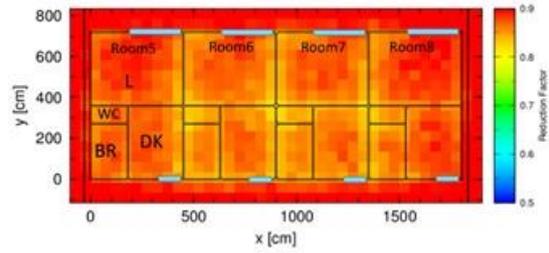
クラウドシャイン-400keV



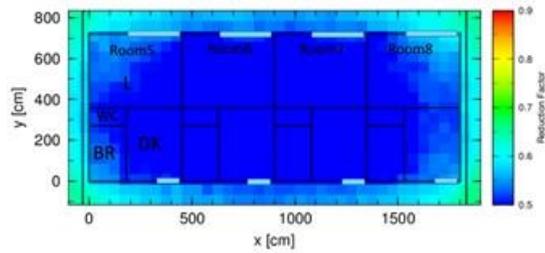
クラウドシャイン-Cs137



クラウドシャイン-1000keV

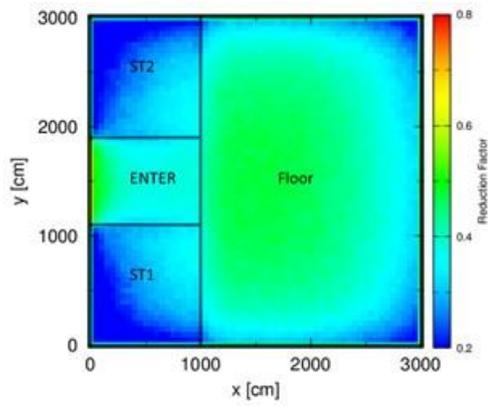


クラウドシャイン-1500keV

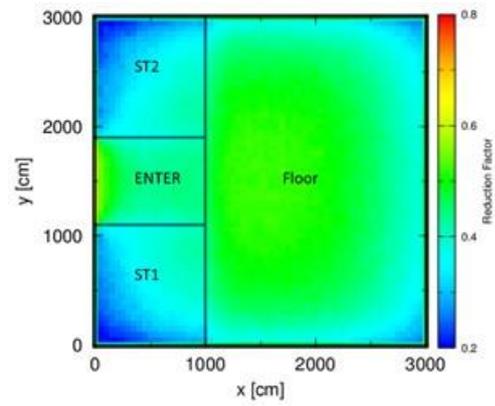


グラウンドシャイン-Cs137

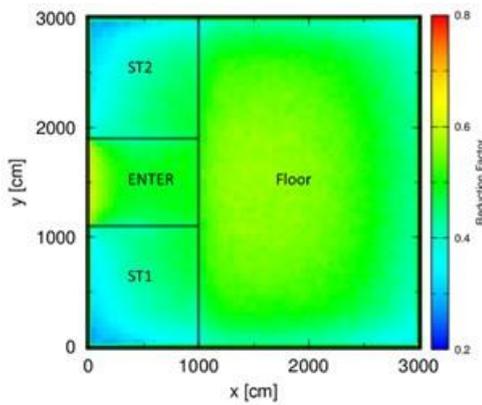
付録図 5.10 鉄骨造共同・長屋建て住宅 二階の被ばく低減係数の分布 (窯業系サイディング材)



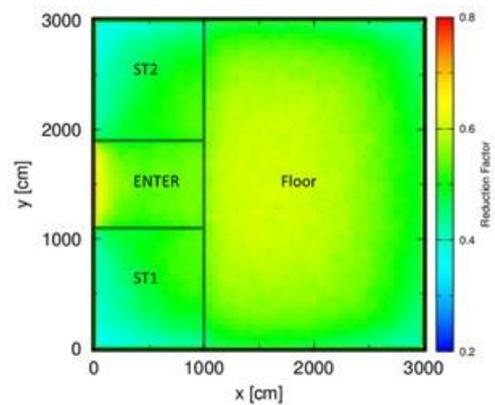
クラウドシャイン-400keV



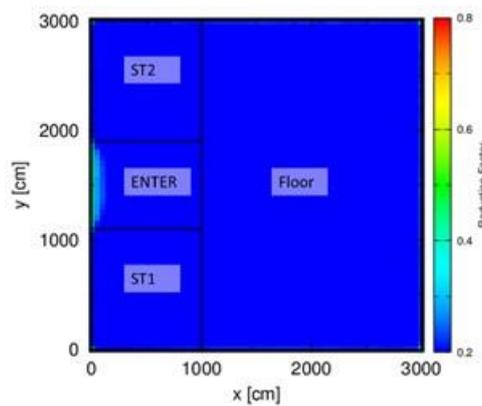
クラウドシャイン-Cs137



クラウドシャイン-1000keV

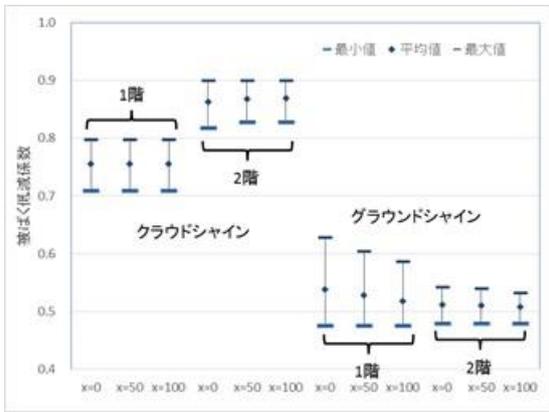
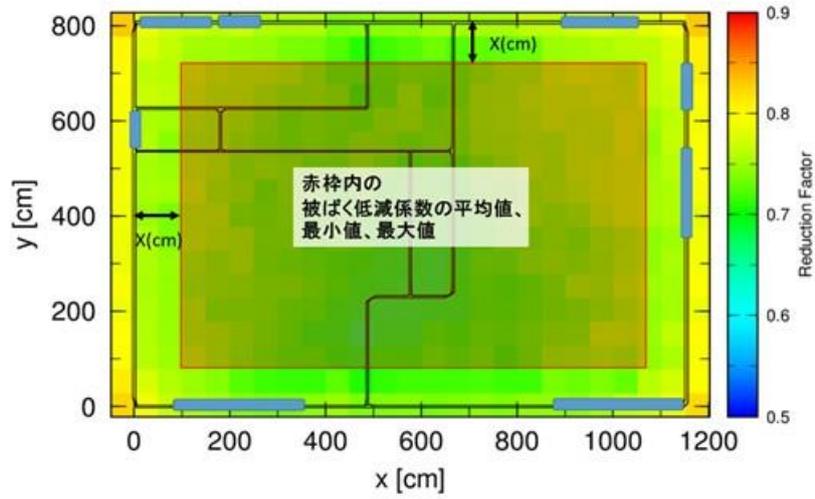


クラウドシャイン-1500keV

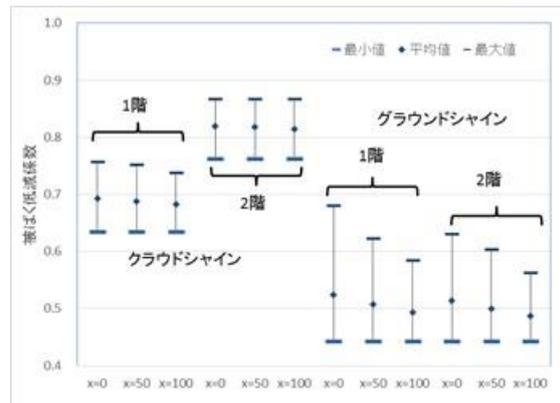


グラウンドシャイン-Cs137

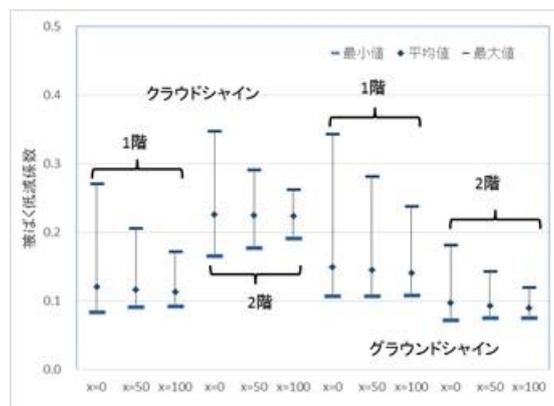
付録図 5.11 体育館 被ばく低減係数の分布



木造住宅



鉄骨住宅



鉄筋コンクリート住宅

付録図 5.12 住宅の壁から 0.5 m、1 m 離れた領域における平均値、最小値、及び最大値の例

付録表 5.1 平屋建て木造住宅に対する被ばく低減係数の算術平均値。()内は最小値～最大値を表す。

		クラウドシャイン				グラウンドシャイン			
		400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137			
						屋根及び壁汚染濃度比(対地表面濃度)			
						汚染なし	屋根:50% 壁:10%	屋根:100% 壁:1%	屋根:100% 壁:10%
1F	金属サイディング材	0.81 (0.76~0.86)	0.83 (0.78~0.86)	0.86 (0.80~0.90)	0.88 (0.82~0.93)	0.57 (0.48~0.67)	0.68 (0.59~0.79)	0.74 (0.66~0.81)	0.76 (0.68~0.85)
	窯業系サイディング材	0.78 (0.73~0.83)	0.80 (0.75~0.84)	0.83 (0.78~0.87)	0.86 (0.80~0.90)	0.53 (0.46~0.63)	0.63 (0.56~0.74)	0.70 (0.64~0.77)	0.72 (0.65~0.80)
	モルタル	0.78 (0.73~0.83)	0.80 (0.75~0.84)	0.83 (0.78~0.87)	0.86 (0.80~0.90)	0.52 (0.45~0.62)	0.63 (0.55~0.73)	0.69 (0.63~0.77)	0.71 (0.64~0.80)
	ALC	0.78 (0.73~0.83)	0.80 (0.75~0.84)	0.83 (0.78~0.88)	0.86 (0.80~0.90)	0.53 (0.46~0.63)	0.64 (0.56~0.74)	0.70 (0.64~0.77)	0.72 (0.65~0.80)
	セラミックタイル	0.78 (0.74~0.84)	0.81 (0.76~0.84)	0.84 (0.78~0.88)	0.86 (0.81~0.91)	0.53 (0.46~0.63)	0.64 (0.56~0.74)	0.70 (0.64~0.77)	0.72 (0.65~0.81)
	漆喰塗り	0.76 (0.71~0.82)	0.79 (0.74~0.83)	0.83 (0.77~0.87)	0.85 (0.80~0.90)	0.52 (0.45~0.62)	0.63 (0.55~0.74)	0.69 (0.62~0.80)	0.71 (0.63~0.83)
	土壁塗り	0.68 (0.57~0.75)	0.71 (0.62~0.77)	0.75 (0.66~0.81)	0.78 (0.70~0.84)	0.41 (0.36~0.53)	0.51 (0.46~0.63)	0.58 (0.53~0.68)	0.59 (0.55~0.70)
	木製サイディング材	0.83 (0.77~0.88)	0.84 (0.79~0.88)	0.87 (0.80~0.91)	0.89 (0.83~0.93)	0.56 (0.48~0.67)	0.67 (0.59~0.78)	0.74 (0.66~0.81)	0.76 (0.67~0.85)
木造住宅*		0.81 (0.75~0.86)	0.82 (0.77~0.86)	0.85 (0.79~0.89)	0.88 (0.82~0.92)	0.55 (0.47~0.65)	0.65 (0.57~0.76)	0.72 (0.65~0.79)	0.74 (0.66~0.83)

* 木造住宅の値は、本事業の調査結果に基づいて、防火木造住宅:非防火木造住宅=34:41及び窯業系サイディング材を代表壁材とした場合の重み付け平均値

付録表 5.2 平屋建て鉄骨造住宅に対する被ばく低減係数の算術平均値。()内は最小値～最大値を表す。

		クラウドシャイン				グラウンドシャイン			
		400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137			
						屋根及び壁汚染濃度比(対地表面濃度)			
						汚染なし	屋根:50% 壁:10%	屋根:100% 壁:1%	屋根:100% 壁:10%
1F	金属サイディング材	0.75 (0.68~0.81)	0.79 (0.72~0.84)	0.83 (0.77~0.88)	0.86 (0.80~0.91)	0.55 (0.47~0.67)	0.64 (0.56~0.76)	0.70 (0.63~0.79)	0.71 (0.64~0.82)
	窯業系サイディング材	0.72 (0.65~0.78)	0.76 (0.70~0.82)	0.80 (0.74~0.85)	0.83 (0.78~0.88)	0.51 (0.44~0.63)	0.60 (0.53~0.72)	0.66 (0.60~0.75)	0.67 (0.61~0.77)
	モルタル	0.72 (0.65~0.78)	0.76 (0.70~0.82)	0.80 (0.74~0.85)	0.83 (0.78~0.88)	0.51 (0.43~0.62)	0.60 (0.52~0.71)	0.65 (0.59~0.74)	0.67 (0.60~0.77)
	セラミックタイル	0.73 (0.66~0.79)	0.76 (0.71~0.82)	0.81 (0.74~0.85)	0.84 (0.79~0.89)	0.51 (0.44~0.63)	0.60 (0.53~0.72)	0.66 (0.60~0.75)	0.68 (0.61~0.78)
	ALC	0.71 (0.64~0.76)	0.74 (0.69~0.80)	0.79 (0.73~0.83)	0.82 (0.77~0.87)	0.49 (0.42~0.61)	0.58 (0.51~0.69)	0.64 (0.58~0.73)	0.66 (0.59~0.76)

付録表 5.3 平屋建て木造共同・長屋建て住宅に対する被ばく低減係数の算術平均値。()内は最小値～最大値を表す。

		クラウドシャイン				グラウンドシャイン			
		400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137			
						屋根及び壁汚染濃度比(対地表面濃度)			
						汚染なし	屋根:50% 壁:10%	屋根:100% 壁:1%	屋根:100% 壁:10%
1F	金属サイディング材	0.77 (0.72~0.82)	0.80 (0.76~0.85)	0.84 (0.78~0.89)	0.87 (0.82~0.91)	0.55 (0.48~0.67)	0.67 (0.61~0.78)	0.75 (0.71~0.82)	0.77 (0.72~0.85)
	窯業系サイディング材	0.75 (0.70~0.78)	0.78 (0.74~0.82)	0.82 (0.77~0.86)	0.85 (0.80~0.88)	0.51 (0.45~0.63)	0.63 (0.57~0.74)	0.71 (0.67~0.78)	0.73 (0.68~0.81)
	モルタル	0.74 (0.70~0.78)	0.78 (0.74~0.81)	0.81 (0.77~0.86)	0.84 (0.80~0.88)	0.51 (0.45~0.63)	0.63 (0.57~0.74)	0.71 (0.67~0.78)	0.73 (0.68~0.81)
	セラミックタイル	0.75 (0.71~0.79)	0.78 (0.74~0.82)	0.82 (0.77~0.87)	0.85 (0.81~0.88)	0.52 (0.45~0.64)	0.63 (0.58~0.74)	0.72 (0.68~0.78)	0.73 (0.69~0.81)
	ALC	0.75 (0.70~0.79)	0.78 (0.74~0.82)	0.82 (0.77~0.86)	0.85 (0.80~0.88)	0.51 (0.45~0.63)	0.63 (0.57~0.74)	0.71 (0.67~0.78)	0.73 (0.68~0.81)
	木製サイディング材	0.78 (0.73~0.83)	0.81 (0.76~0.86)	0.84 (0.78~0.89)	0.87 (0.82~0.91)	0.54 (0.48~0.66)	0.66 (0.60~0.77)	0.74 (0.70~0.81)	0.76 (0.71~0.84)

付録表 5.4 平屋建て鉄骨造共同・長屋建て住宅に対する被ばく低減係数の算術平均値。()内は最小値～最大値を表す。

		クラウドシャイン				グラウンドシャイン			
		400kev	Cs137	1000kev	1500kev	Cs137			
						屋根及び壁汚染濃度比(対地表面濃度)			
						汚染なし	屋根:50% 壁:10%	屋根:100% 壁:1%	屋根:100% 壁:10%
1F	金属サイディング材	0.73 (0.67~0.80)	0.77 (0.71~0.82)	0.81 (0.75~0.87)	0.84 (0.79~0.89)	0.53 (0.46~0.66)	0.65 (0.58~0.76)	0.73 (0.68~0.80)	0.75 (0.69~0.83)
	窯業系サイディング材	0.70 (0.64~0.76)	0.74 (0.69~0.79)	0.78 (0.73~0.84)	0.82 (0.77~0.86)	0.50 (0.43~0.62)	0.61 (0.55~0.72)	0.69 (0.64~0.76)	0.71 (0.65~0.79)
	モルタル	0.70 (0.65~0.76)	0.74 (0.70~0.79)	0.78 (0.73~0.84)	0.82 (0.77~0.86)	0.49 (0.43~0.62)	0.61 (0.54~0.72)	0.69 (0.64~0.76)	0.70 (0.65~0.79)
	セラミックタイル	0.71 (0.65~0.77)	0.75 (0.70~0.80)	0.79 (0.74~0.84)	0.82 (0.78~0.86)	0.50 (0.43~0.63)	0.61 (0.55~0.73)	0.69 (0.65~0.77)	0.71 (0.66~0.80)
	ALC50mm	0.69 (0.64~0.74)	0.73 (0.69~0.78)	0.77 (0.73~0.83)	0.81 (0.77~0.85)	0.48 (0.41~0.61)	0.59 (0.53~0.71)	0.67 (0.63~0.75)	0.69 (0.64~0.78)