

令和4年度
原子力規制庁技術基盤グループ-原子力機構安全研究・防災支援部門
合同研究成果報告会

屋内退避による内部被ばく低減効果に係る パラメータの実験的評価

令和4年11月22日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
安全研究・防災支援部門 安全研究センター
リスク評価・防災研究グループ

廣内 淳

本研究(の一部)は令和2年度原子力施設等防護対策等委託費(防護措置の実効性向上に関する調査研究)事業の成果である。

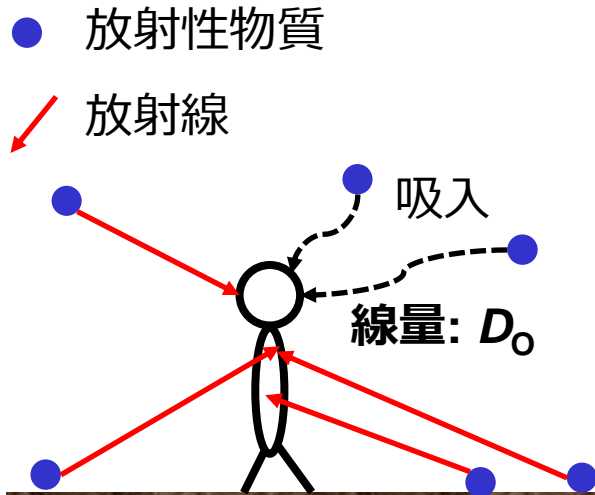
背景

- ◆ 屋内退避は公衆への外部・内部被ばくを低減する防護措置の一つ

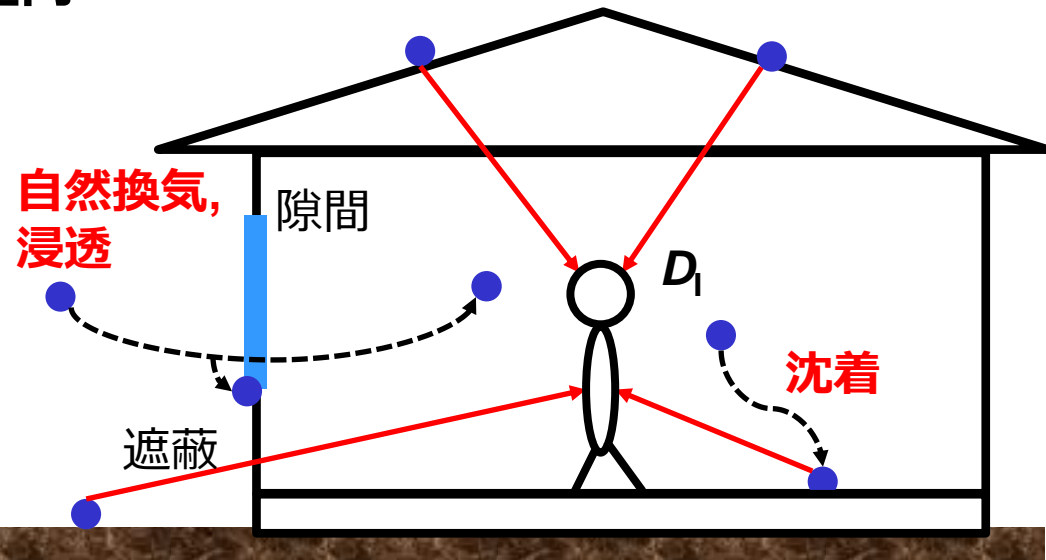
屋内退避の被ばく低減効果の指標

$$\text{被ばく低減係数} = \frac{\int D_I dt}{\int D_O dt}$$

屋外



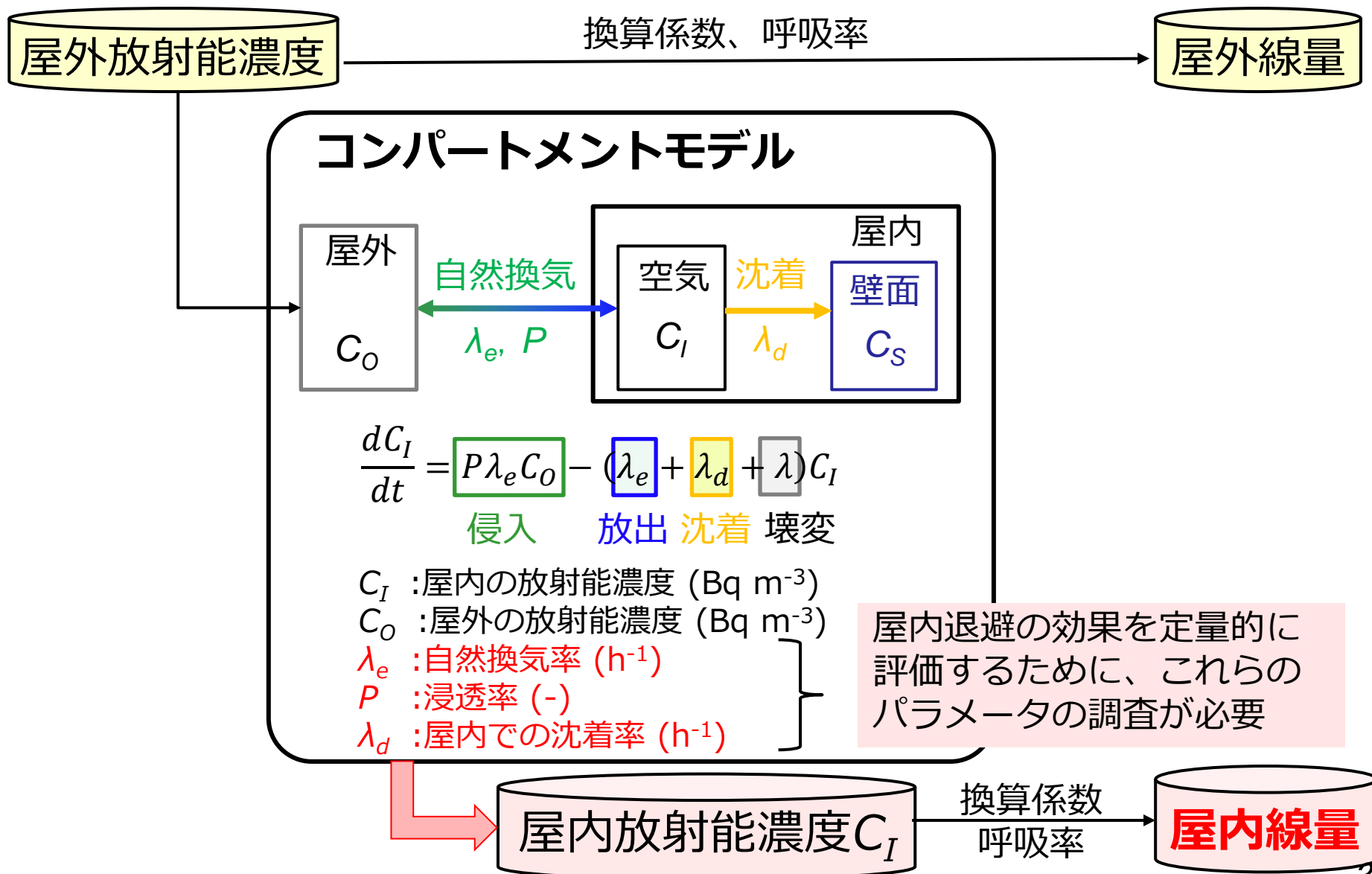
屋内



- ◆ 内部被ばくに対する屋内退避の被ばく低減効果は様々な因子に依存：
 自然換気率、屋内での沈着率、浸透率*

*浸透率は屋内に侵入しようとした放射性物質の量に対する、実際に屋内に侵入した放射性物質の量の比

背景 (屋内退避時の内部被ばく線量評価の流れ)



目的、実験概要

- 目的**
- ◆ 日本家屋における屋内退避の効果の評価するために、粒子状物質と I_2 の沈着率と浸透率に関するデータを取得
 - ◆ 被ばく低減係数の範囲を不確実性解析により評価

	実家屋実験	ラボ実験
パラメータ	<ul style="list-style-type: none"> • 自然換気率 • 屋内での沈着率 • 浸透率 	<ul style="list-style-type: none"> • 屋内での沈着率 • 浸透率
調査形態	<ul style="list-style-type: none"> • 粒子* 	<ul style="list-style-type: none"> • 粒子 • I_2
対象家屋とチャンバー	<ul style="list-style-type: none"> • 集合住宅2部屋 • 戸建住宅3軒 	<ul style="list-style-type: none"> • アクリルチャンバー • ステンレスチャンバー

* 毒性のため、 I_2 は実家屋で使用できない

原子力災害時に放出される物質の形態

反応性の低いガス状

Xe, Kr, CH_3I など

反応性の高いガス状

I_2 など（測定困難）

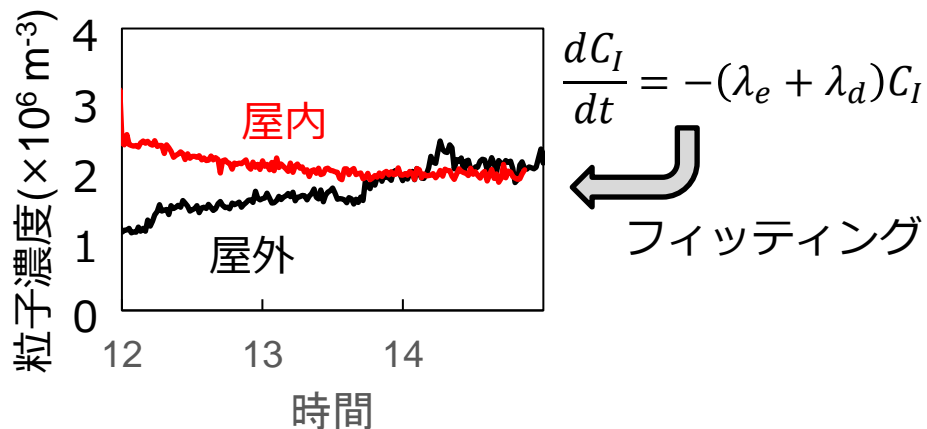
粒子状物質

CsI などが周囲のエアロゾルに付着

実家屋実験 方法

沈着率

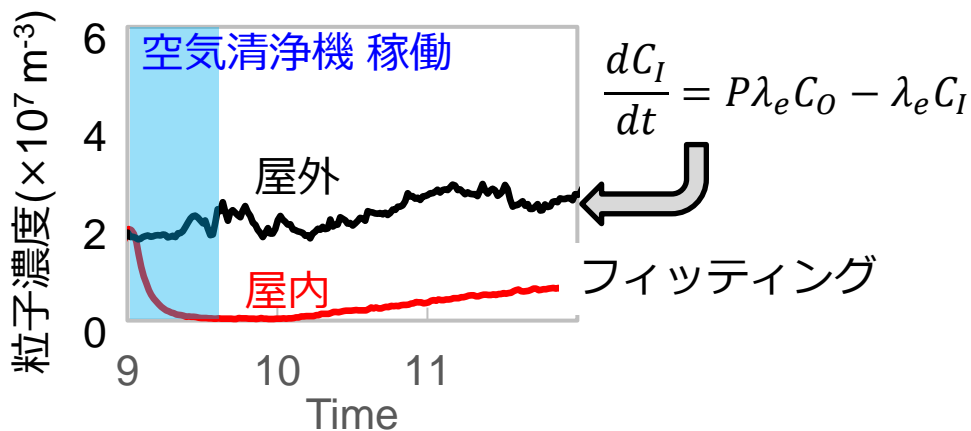
家屋内で粒子（エアロゾル）を発生させ、その後の粒子濃度の時間変化を測定



- C_I : 屋内粒子濃度 (m^{-3})
- C_O : 屋外粒子濃度 (m^{-3})
- λ_e : 自然換気率 (h^{-1})
- λ_d : 沈着率 (h^{-1})
- P : 浸透率 (-)

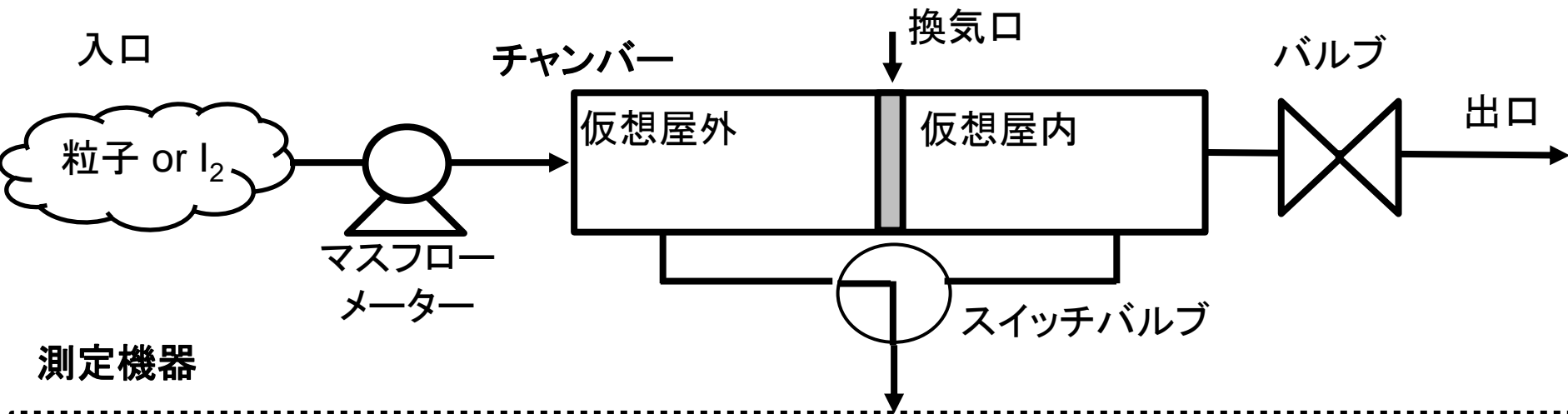
浸透率

空気清浄機稼働により、家屋内の粒子濃度を下げ、その後の粒子濃度の時間変化を測定



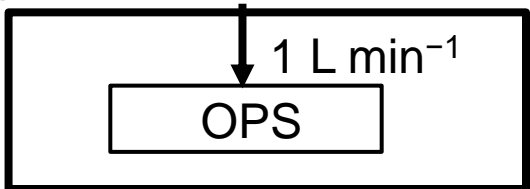
自然換気率 λ_e はCO₂濃度の時間変化を利用して決定

ラボ実験 実験体系

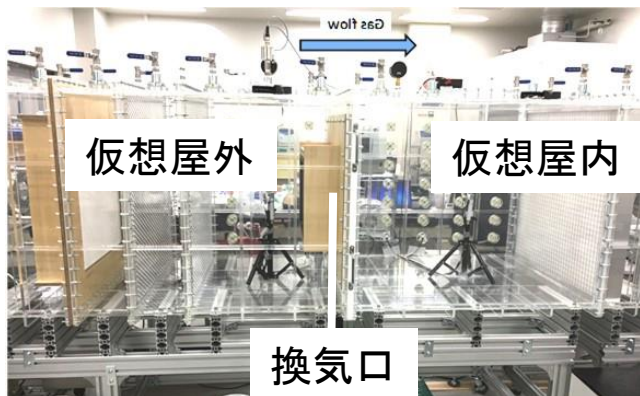
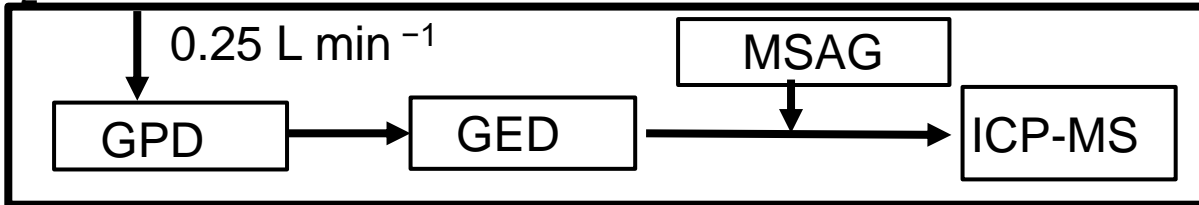


測定機器

粒子



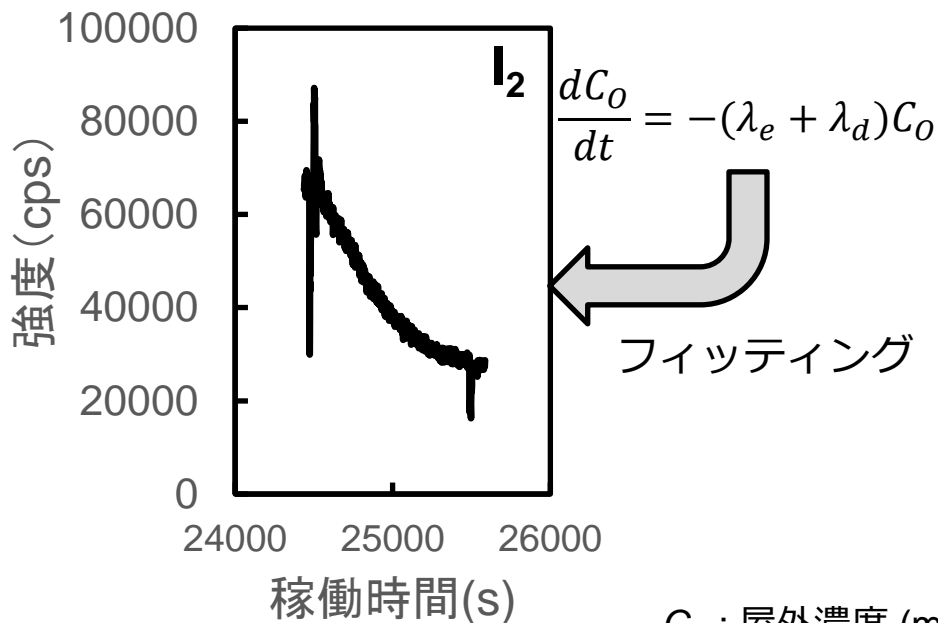
I₂



ラボ実験 方法

沈着率

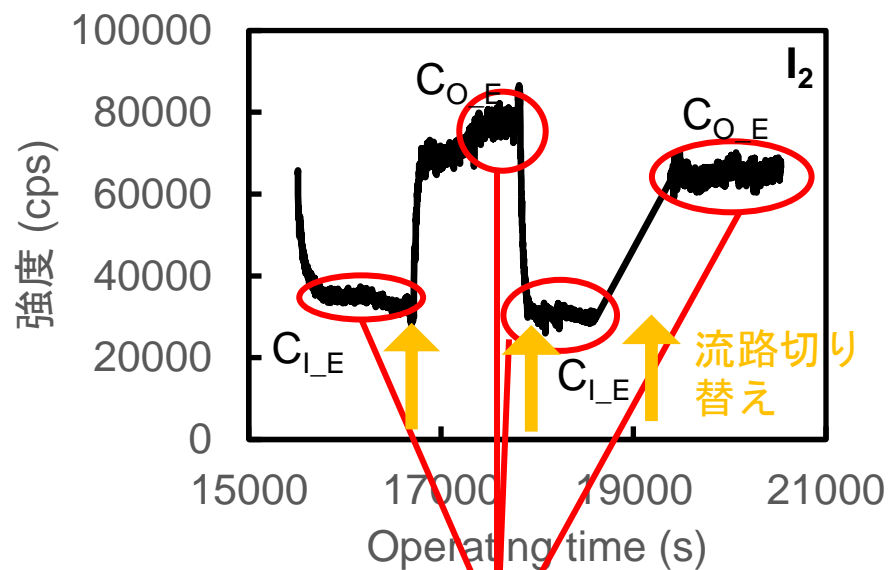
仮想屋外に粒子または I_2 を1時間注入し、その後の時間変化を測定



- C_0 : 屋外濃度 (m^{-3})
- C_i : 屋内濃度 (m^{-3})
- λ_e : 自然換気率 (h^{-1})
- λ_d : 沈着率 (h^{-1})
- P : 浸透率 (-)

浸透率

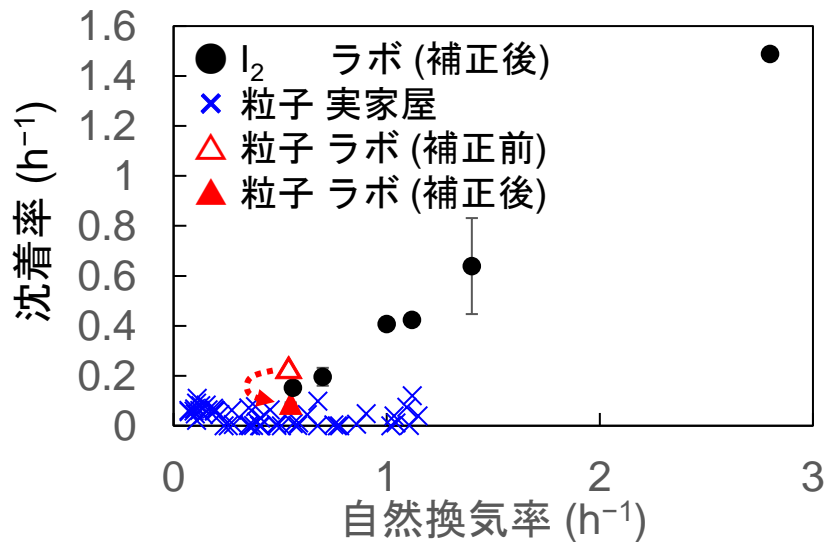
仮想屋外に粒子または I_2 を常時注入し続け、時間変化を測定



$$P = \frac{\lambda_e + \lambda_d}{\lambda_e} \frac{C_{I_E}}{C_{O_E}}$$

自然換気率 λ_e はチャンバーへの流入量、チャンバー外への流出量、測定系への流入量より計算

実験結果

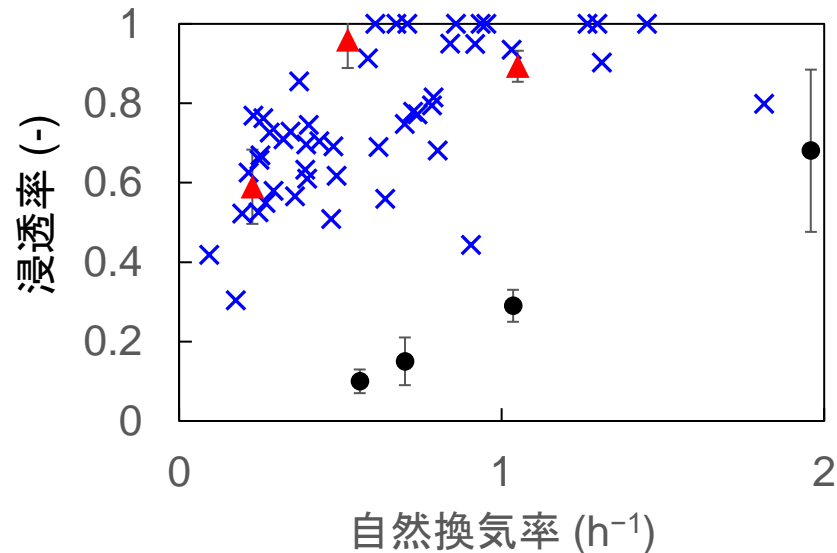


ラボ > 実家屋

-> 部屋の体積表面積比の違いによる(S/V比).
 実家屋: $\approx 2.1 \text{ m}^{-1}$, チャンバー: $\approx 7.0 \text{ m}^{-1}$

ラボ実験で得られた沈着率は家屋とチャンパー間のS/V比の比を利用して、補正する必要がある。

粒子 (0.1-1 μm) : 0.007-0.2 h^{-1}
 I_2 : 0.2-1.5 h^{-1} (自然換気率に依存)

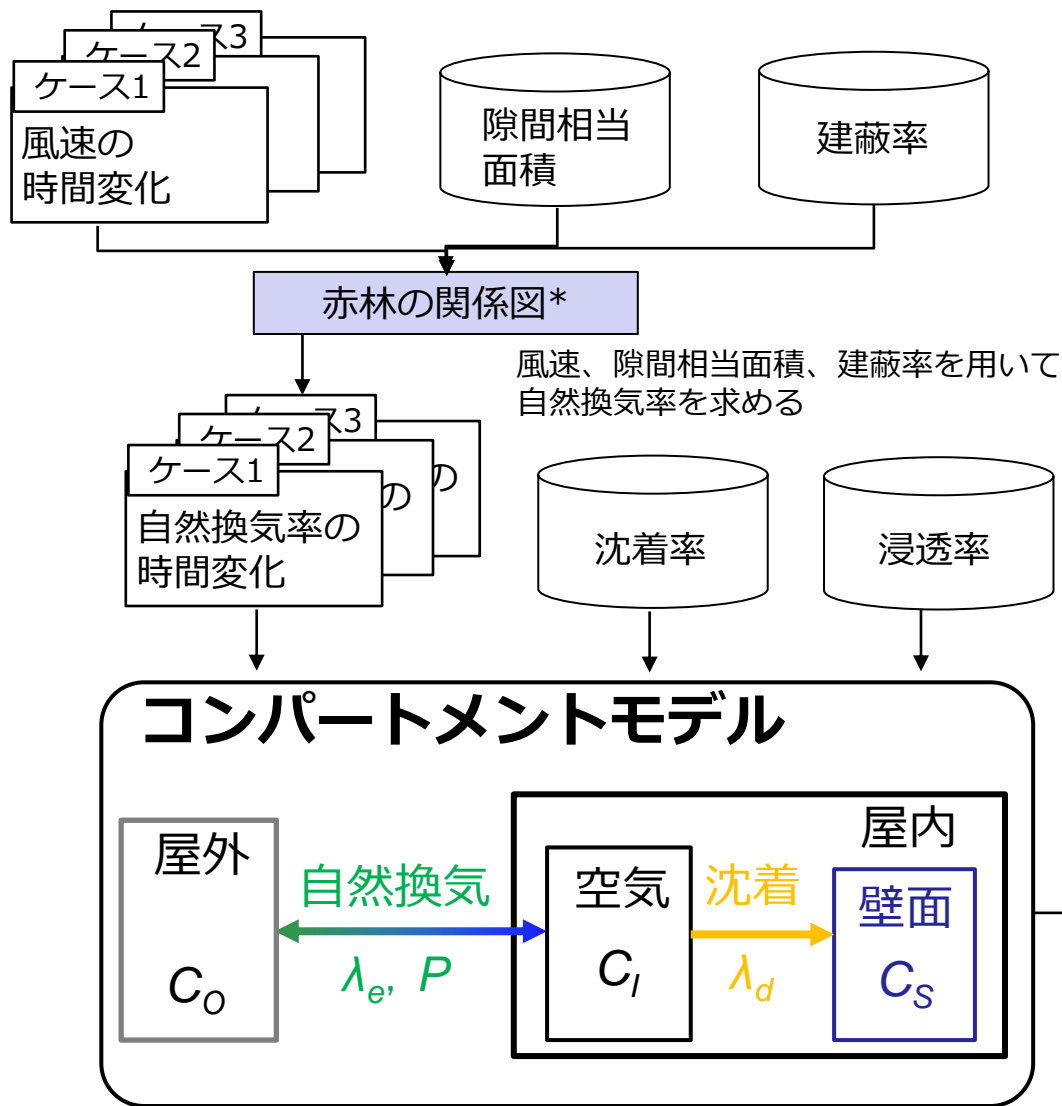


ラボ \approx 実家屋

ラボ実験で得られた浸透率は実家屋の値としてみなせる

粒子 (0.1-1 μm) : 0.3-1
 I_2 : 0.1-0.6
 両者とともに自然換気率に依存

不確実性解析の流れ



風速：実測値を利用

隙間相当面積：文献調査により分布作成

建蔽率：Google map調査より分布作成

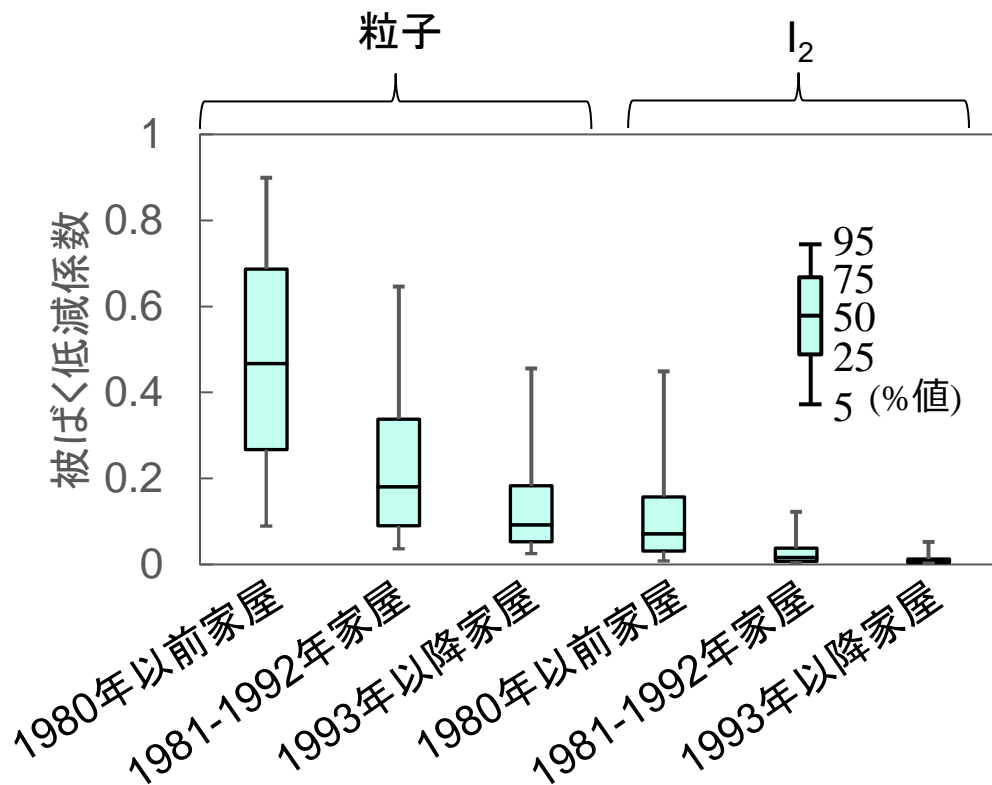
建築基準法の改訂：1980年、1992年

⇒ 1980年以前建築の家屋

1981～1992年建築の家屋

1993年以降建築の家屋

不確実性解析の結果



- ✓ 不確かさの主な要因は風速の変動幅
- ✓ 新しい家屋ほど被ばく低減係数が小さく、幅が小さい

まとめ

	粒子 (0.3–1 μm)	I ₂
沈着率 (h ⁻¹)	0.007–0.2	0.2–1.5*
浸透率 (-)	0.3–1*	0.1–0.6*

* 自然換気率に依存

被ばく低減係数中央値	粒子 (0.3–1 μm)	I ₂
1980年以前家屋	0.5	0.1
1981～1992年家屋	0.2	0.02
1993年以降家屋	0.1	0.01

【参考文献】

- J. Hirouchi, S. Takahara, H. Komagamine, N. Kato, Y. Matsui, M. Yoneda “Penetration factor and indoor deposition rate of elementary and particulate iodine in a Japanese house for assessing the effectiveness of sheltering for radiation exposures”, J. Radiol. Prot., 41, S139-S149, 2021.
- J. Hirouchi, S. Takahara, H. Komgamiange “Uncertainty and sensitivity analyses for the reduction factor of sheltering for radiation exposures” , J. Radiol. Prot. (Accept).