

「化学物質のリスク評価及びリスク評価手法の開発」
研究成果報告会

・リスク評価の方法論と実践・
2007年1月22日-23日 東京ビッグサイト

1月23日 A会場 1 限目 9:30-11:00
ワークショップ「室内暴露」

独立行政法人 産業技術総合研究所
化学物質リスク管理研究センター

蒲生 昌志 篠原 直秀

新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の受託事業です。
本ワークショップでの発表内容には、一部解析途中の結果も含まれており、
必ずしも最終的な結論というわけではありません。

本ワークショップの構成

「室内暴露の評価方法と課題」

詳細リスク評価書において行われた室内暴露評価方法を概観する（30分：蒲生昌志）

「室内濃度と換気の変動に関する調査」

標題調査の方法，結果，結果を用いた解析例について述べる（30分：篠原直秀）

「総合討論」

質疑を含め，問題意識の共有や情報の交換を行なう．
（30分：参加者全員）

「総合討論」

質疑を含め，問題意識の共有や情報の交換を行なう。
(30分：参加者全員)

質疑

演者による回答
フロアからの回答

コメント・感想

今後の研究への要望
問題意識や取り組みの紹介

時間になるか，発言が出つくした時点で終了します。

「室内暴露の評価方法と課題」

蒲生 昌志

室内暴露の重要性

- ・多くの化学物質で、室内では、屋外よりも濃度が高い。

平均値の室内 / 屋外比	
ベンゼン	2.2
トルエン	4.6
mp-キシレン	5.6
o-キシレン	4.5
クロロホルム	2.6
トリクロロエチレン	2.1
p-ジクロロベンゼン	25.1

平成10年度
約200家屋のデータ
厚生省（1999）

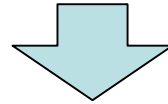
- ・室内での滞在時間は長い。

在宅時間	勤め人	： 12.6 (± 3.9) 時間
	家庭婦人	： 20.4 (± 3.4) 時間
	70歳以上	： 20.3 (± 4.0) 時間

2000年のデータ
NHK日本放送文化
研究所（2001）

詳細リスク評価書における室内暴露

プロジェクト開始時点では室内暴露は対象でなかった．私的な空間であり，私的なリスク（喫煙等と同様）と考えていた



評価の実施へ 暴露の寄与が大きいことの認識．
消費者製品を含む化学物質の総合管理の視点

比較的詳しく評価し，暴露への寄与がある程度大きな物質

トルエン，p-ジクロロベンゼン，アセトアルデヒド，
ホルムアルデヒド，クロロホルム等

一部扱っている物質

1,3-ブタジエン，ジクロロメタン，1,4-ジオキサン，
ビスフェノールA，アクリロニトリル，塩ビモノマー，オゾン等．

扱っていない物質

カドミウム，ノニルフェノール，Co-PCB，トリブチルスズ，鉛，
フタル酸エステル，塩素化パラフィン等

「室内暴露」評価のアプローチ

目的：暴露レベルの**分布（人による違い）**を推定

手段：モニタリングデータによる方法

発生源推定 + 室内モデルによる方法

（生活時間等を考慮し，屋外大気由来等と合わせる）

リスク評価：参照値（＝許容レベル）を超える確率を推定

例）p-ジクロロベンゼン

暴露集団ごとに区分した各群において，暴露濃度が参照値 = $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過する割合（屋外濃度 $0.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ のとき）

	室内使用大	室内使用小	室内使用なし
主婦，幼児，老人	5.42%	0.00%	0.00%
勤労者と学生	3.67%	0.00%	0.00%

リスク削減対策：いくつかの物質で考察

お話しする項目

- 1 . モニタリングデータによる方法
- 2 . 発生源推定 + 室内モデルによる方法
- 3 . リスク削減対策効果の評価の例

1 . モニタリングデータによる方法

主なモニタリングデータ

国土交通省・(財)住宅リフォーム・紛争処理支援センター（2006）

「室内空気中の化学物質濃度の実態調査」

平成12年から平成17年

ホルムアルデヒドやトルエンなど6物質

各年度の新築住宅（1000-3000軒），初年度の厚生省指針値超過住宅

安藤（2002）

「全国の室内・外空气中化学物質とTVOCの存在状況に関する研究．
（平成13年厚生労働科学研究 化学物質過敏症等室内空気中化学物質に係る疾病と総化学物質の存在量の検討と要因解明に関する研究）」

2001年度

揮発性有機化学物質

188戸

厚生省（1999）

「居住環境内における揮発性有機化合物の全国実態調査」

1997年度と1998年度

トルエン，p-ジクロロベンゼンなど44物質（一部'97年度のみ）
のべ385家屋

Point! 室内発生源寄与濃度の推定

モニタリングデータの性質：

室内濃度は，屋外濃度と室内発生源寄与濃度の和

$$C_{in} = C_{out} + \frac{E}{nV} \quad (\text{式 1})$$

$$C_{in} = C_{out} + C_{isc} \quad (\text{式 1})$$

屋外 室内

C_{in} : 室内濃度[mg/m³]

C_{out} : 屋外濃度

E : 室内発生量[mg/h]

n : 換気回数[回/h等]

V : 室内容積[m³等]

C_{isc} : 室内発生源寄与濃度[mg/m³]

ニーズ：

別途AIST-ADMER（広域）やMETI-LIS（地域）による屋外の予測濃度と組み合わせる．室内の対策の効果を評価．

データの操作： $C_{isc} = C_{in} - C_{out}$ （式 2）

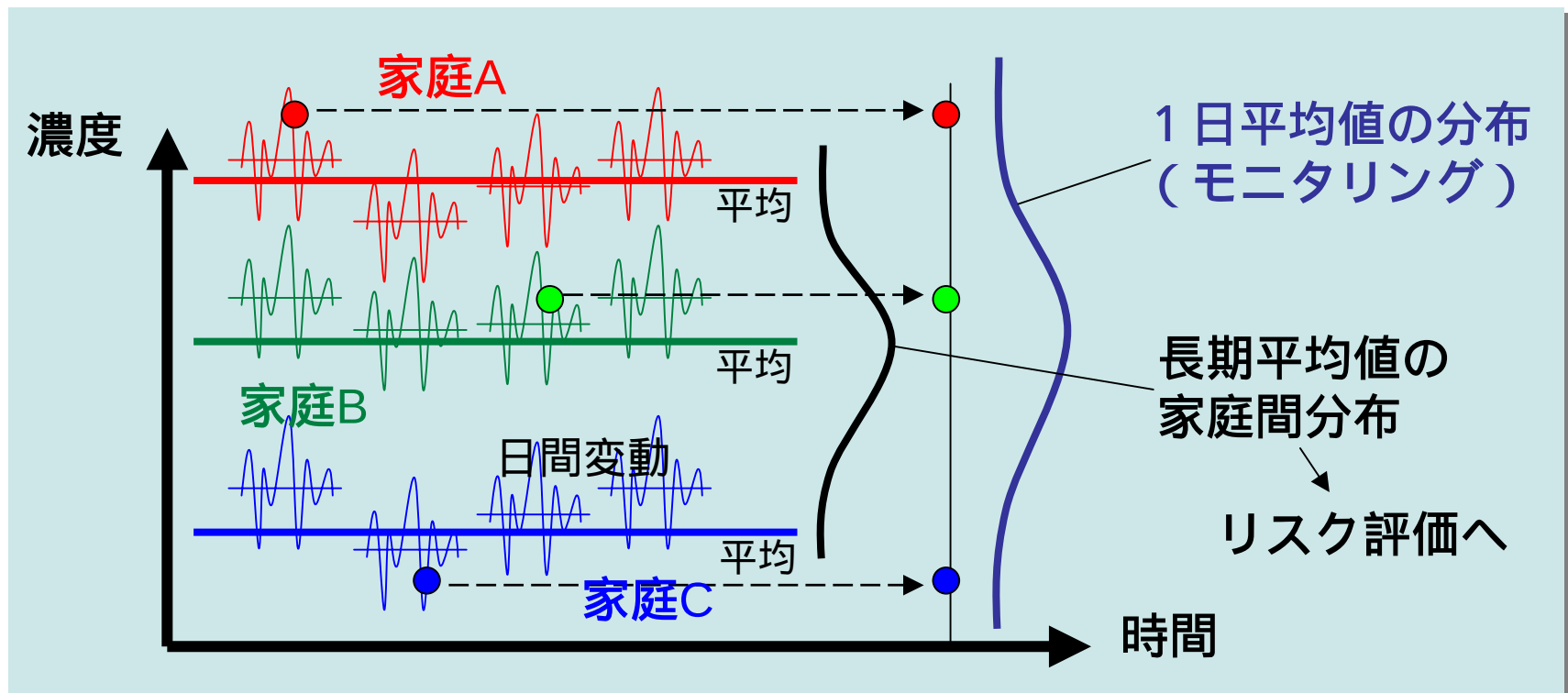
Point! 長期平均値の家庭間分布の推定

モニタリングデータの性質：

モニタリングデータの多くは，測定日の **1 日平均値**

ニーズ：

リスク評価のendpointは長期暴露による慢性影響なので，
長期平均値の家庭間分布を知りたい．



長期平均値の家庭間分布の導出

各家屋について・・・

$$C_{day} = C_{long} \cdot f \quad (\text{式 3})$$

ある日の濃度

(モニタリングデータより)

日間変動にかかる係数

長期平均濃度 (算術平均値)

(得たいもの)

換気，放散量
の日間変動

(対数正規分布を仮定)

値の家庭間分布は，次のように規定される

注) 既刊の詳細評価書では，
この換算係数を適用していない

幾何平均値 (GM) :

$$GM_{C_{day}} = GM_{C_{long}} \cdot GM_f \quad (\text{式 4})$$

家庭ごとの日間変動の
幾何平均値と算術平均
の換算係数^{注)}

$$= 1 / \exp((\ln(GSD_f))^2 / 2) \quad (\text{式 5})$$

幾何標準偏差 (GSD) :

$$(\ln(GSD_{C_{day}}))^2 = (\ln(GSD_{C_{long}}))^2 + (\ln(GSD_f))^2 \quad (\text{式 6})$$

重要なパラメータ：GSD_f (濃度の日間変動の大きさ)

長期平均の家庭間分布の例（トルエン）

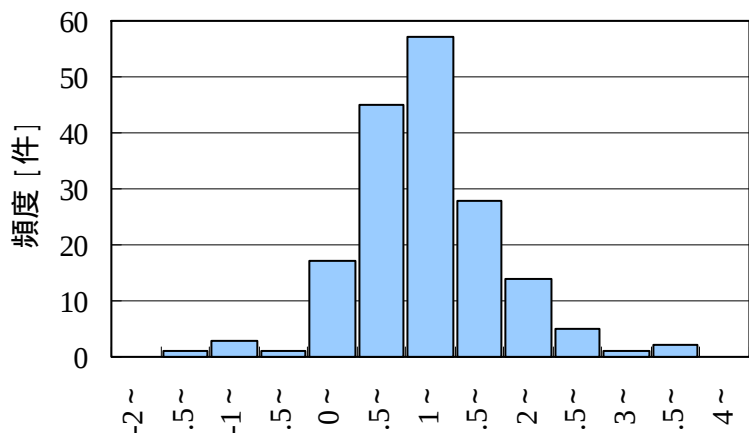
GSD_f の設定（データはほとんどない）

前提：室内発生源寄与濃度（ C_{isc} ）は，室内発生量（ E ）に比例し，換気回数（ n ）に反比例する．

日間変動の大きさ（ GSD_f ）についての仮定

換気回数：95%の範囲が0.5-10[回/h] $GSD=2.14$

発生量：無視できる $GSD=1.0$



室内発生源寄与濃度[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]の常用対数
（厚生省1999の98年度分生データより）

$GM_{Cday} = 15.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $GSD_{Cday} = 5.17$

$GSD_f = 2.14$

式 4 , 5 , 6

室内発生源寄与濃度の
長期平均値の家庭間分布

$GM_{long} = 21.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

$GSD_{long} = 4.28$

評価書では，5の係数を適用していないため， $GM_{long} = 15.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ としている．

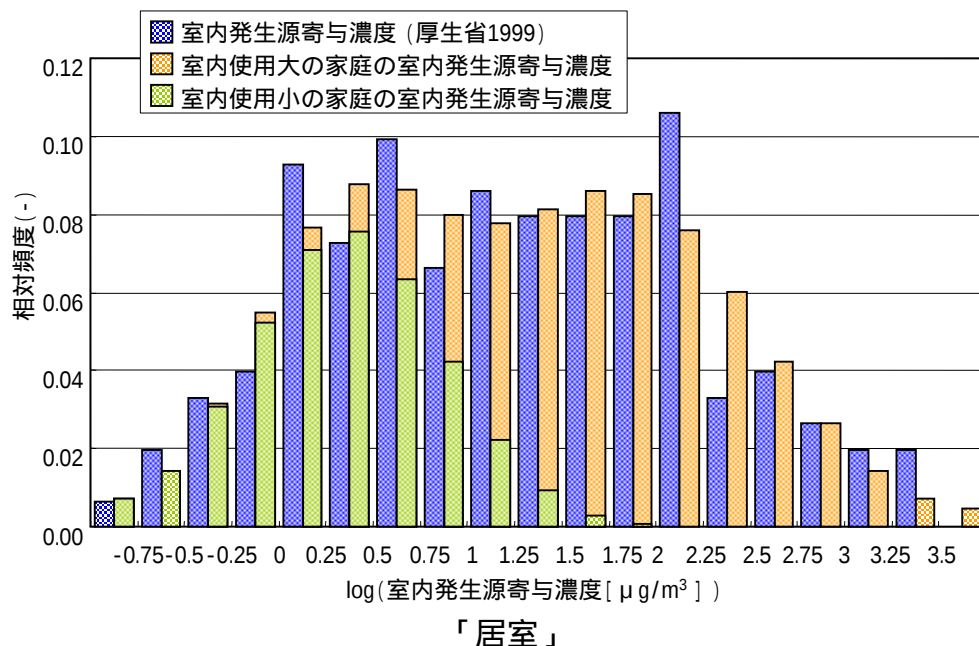
モニタリングデータの活用 (p-ジクロロベンゼン)

室内発生源寄与濃度が正である家屋を二つの群に分割

「室内使用**大**の家庭」pDCBを用いており、それを認識

「室内使用**小**の家庭」過去に使用か意識せず使用

(それぞれの群を記述する分布のパラメータを、
推定とデータとが合致するように推定：ExcelのSolver)



「使用**大**家庭」

GM : $60.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$

GSD : 5.12

比率 : 0.61

「使用**小**家庭」

GM : $2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

GSD : 3.23

比率 : 0.39

長期
平均
の
分布
推定
へ

使用 / 不使用家庭に関する情報
とよく一致した。

モニタリングデータの活用 (ホルムアルデヒド)

放散量の経年変化と現存する家屋の建築時期の情報を考慮し、
現在の家屋における濃度の分布を推定。

築後の室内濃度の経年変化 (式7)

$$C(t) = \frac{1+a}{2} C_0 e^{-\lambda_1 - \lambda_2(t-1)}, t > 1$$

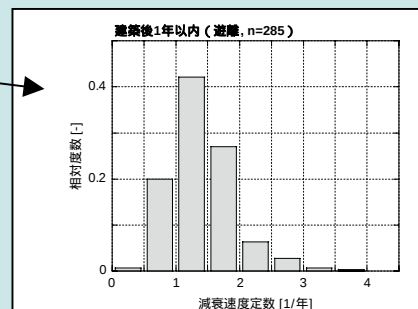
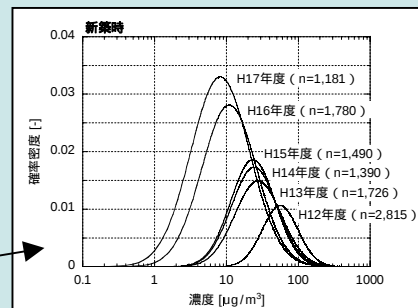
a : 夏季に対する冬季
の濃度の比 (分布)

C_0 : 新築時濃度 (分布)

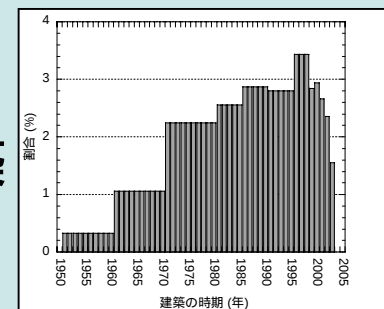
λ_1 : 築後1年間の減衰
(分布)

λ_2 : 築後1年以降の減衰
(分布)

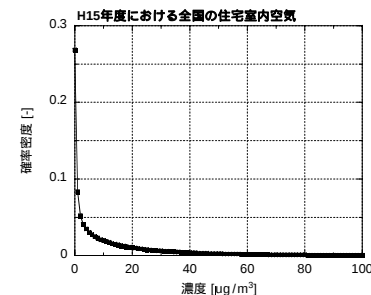
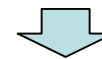
各分布は、国土交通省(2006)のデータの解析より



H15に存在する住宅の建築時期 (分布)



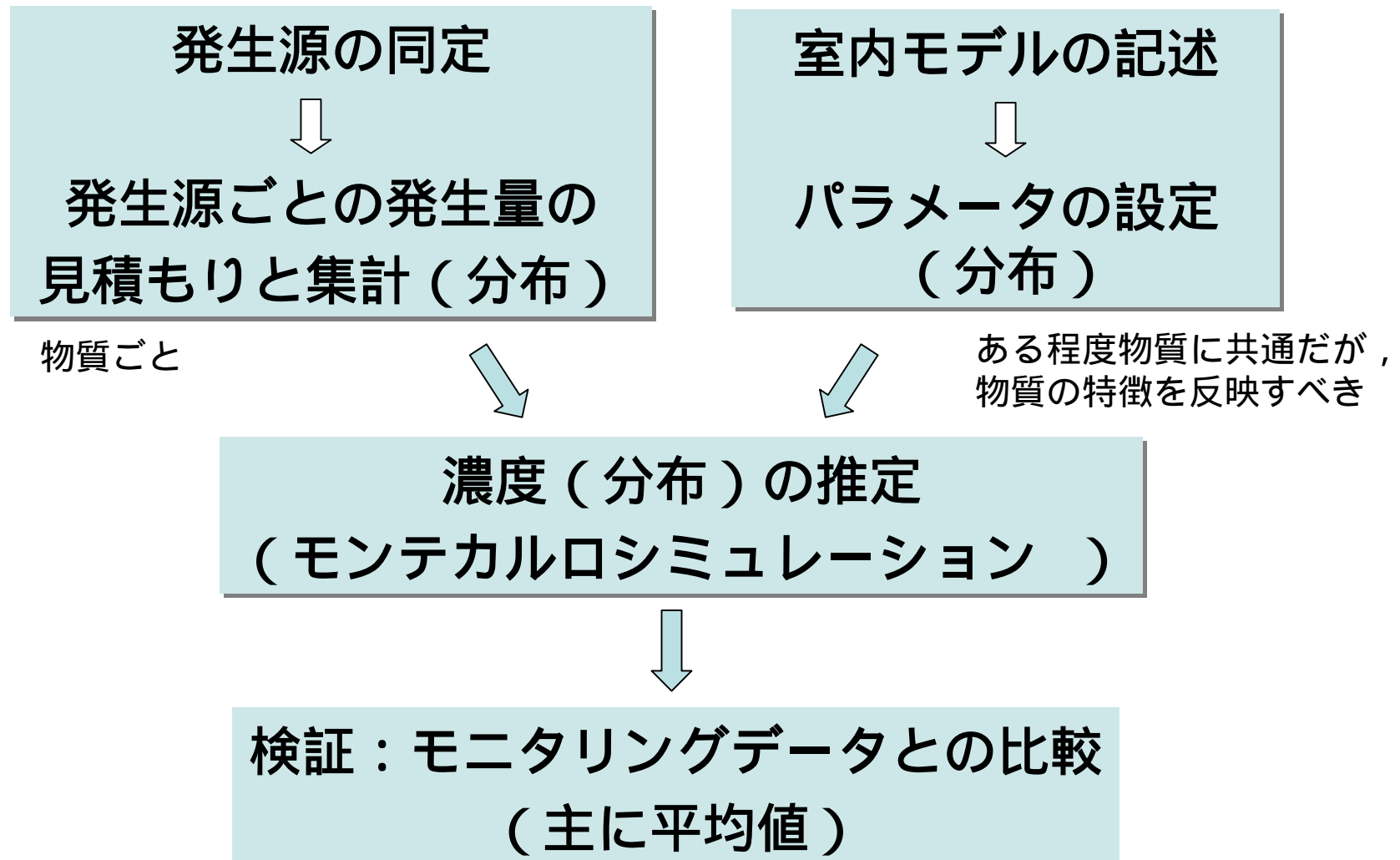
総務省，H15年度住宅・土地統計調査より



H15における室内濃度の分布

2 . 発生源推定 + 室内モデルによる方法

評価の手順

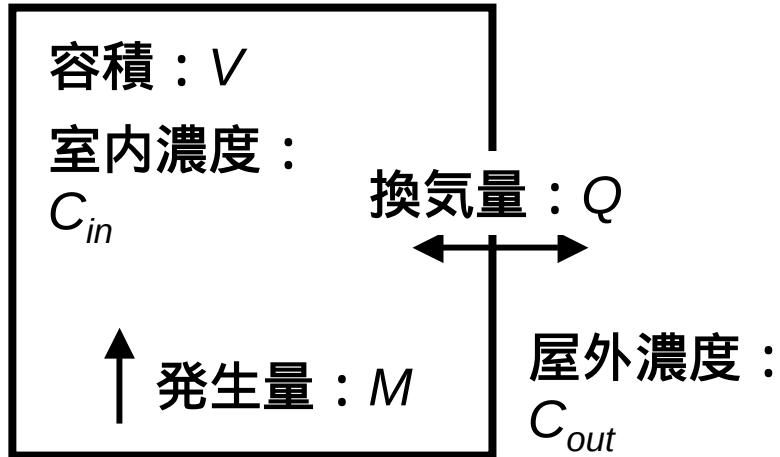


計算式の各変数の値を想定した分布からランダムにとり、計算式の結果を得る
これを繰り返し、結果の分布を得る。

室内空気質モデル

ワンボックスモデル

(完全混合を仮定, 吸脱着・分解を考慮せず)



単位時間 dt での物質収支 (式8)

$$V \cdot dC_{in} = M \cdot dt - Q \cdot (C_{in} - C_{out}) \cdot dt$$

室内
物質
量
変化

室内
発生
量

屋外へ出る量
(正味)

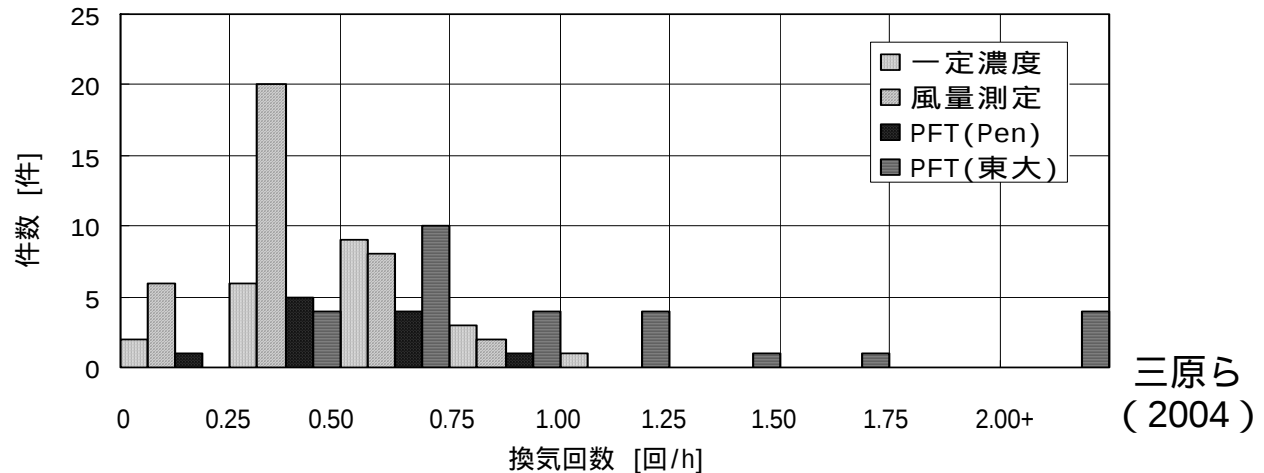
定常状態の仮定のもとに, $Q = nV$ (n : 換気回数) とおくと,

$$C_{in} = C_{out} + \frac{E}{nV} \quad (\text{式1: 再掲})$$

室内モデルのパラメータ

換気回数 n

データは
少ない



- ・ p-ジクロロベンゼン：既存の報告値より，5-95%値が0.5-1.7回/hとなる対数正規分布と仮定（GM=0.9回/h，GSD=1.5）
- ・ アセトアルデヒド：既存の報告値より，GM=0.6回/h，GSD=1.6）の対数正規分布と仮定

容積 V

- ・ p-ジクロロベンゼン（家屋容積）：AM=218m³，SD=50m³の正規分布を仮定（総務省統計局1998より）
- ・ アセトアルデヒド（部屋容積）：32m³を仮定．
- ・ 1,4-ジオキサン（浴室容積）：面積をGM=3.03m²，GSD=1.31とし（住宅金融公庫のデータに基づく），高さ=2.5mを仮定

p-ジクロロベンゼンの例（発生源）

1 世帯あたりp-ジクロロベンゼン発生量（ M ）：

対数正規分布 幾何平均値：523 g/年
幾何標準偏差：3.52

経産省・環境省（2004）による届出外排出量推計結果（17,100 t/年）と，防虫剤を使用していると考えられる家庭（1,490万世帯）とから算出した．算術平均値として1,150 g/年

分布の幅は，5-95%が50-4,000g/年（防虫剤購入家庭についての報告値，酒井&三谷2003）になるように決定．

屋外濃度（ C_{out} ）：

0.42 μ g/m³

AIST-ADMER計算値の人口重み付け中央値，2002年度

p-ジクロロベンゼンの例（推定結果）

結果：平均値 = $737 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，中央値 = $306 \mu\text{g}/\text{m}^3$

モニタリングデータの解析による「室内使用**大**の家庭」

「居室」算術平均値 = $231 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，幾何平均値 = $60.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$

「寝室」算術平均値 = $503 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，幾何平均値 = $121 \mu\text{g}/\text{m}^3$

「居室」「寝室」のいずれに対しても1.5倍-5倍の過大評価

過大評価の可能性：

- ・ 換気回数の見積もり（用いたデータと居住状態での値）
- ・ 居住状態での非定常な空気交換（定常モデルの限界）
- ・ 壁面への吸着と分解（分解についての定量的情報なし）

アセトアルデヒドの例（発生源）

一部屋あたり発生源別の放散量（ M ）の推定

発生源		放散量 [$\mu\text{g}/\text{部屋}/\text{h}$]						
		平均	標準偏差	5%tile	25%tile	中央値	75%tile	95%tile
住宅建材	木材	58.0	120	3.17	10.8	25.2	58.8	209
	接着剤 *	0.0604	0.48	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
	塗料溶剤 *	0.0102	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
家具	木材	30.2	69	0.00	2.83	11.1	31.0	117
	接着剤 *	2.12	10	0.00	0.00	0.00	0.00	12.7
	塗料溶剤 *	0.0331	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
趣味	接着剤 **	0.0120	-	0.000	0.00	0.00	0.00	0.120
暖房機器 ***		111	180	0.00	0.00	0.00	155	445
厨房機器		5.06	14	0.00	0.00	0.00	0.00	35.8
タバコ		35.1	130	0.00	0.00	0.00	0.00	250
飲酒		11.9	95	0.00	0.00	0.00	0.00	22.5
二次生成(気中エタノールの酸化)		4.58	13	0.110	0.500	1.41	4.01	17.5

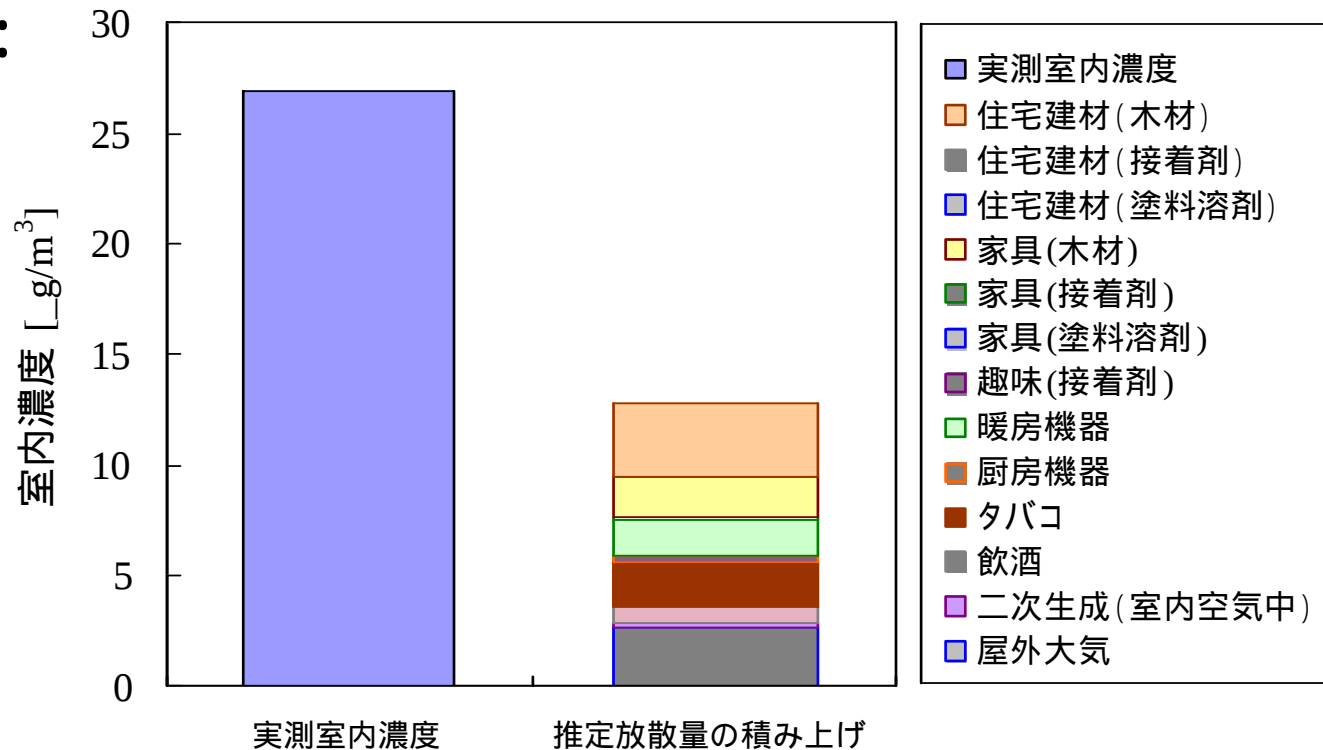
屋外濃度（ C_{out} ）：

幾何平均値 = $2.37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，幾何標準偏差1.6

大気モニタリングデータより推定

アセトアルデヒドの例（推定結果）

結果：



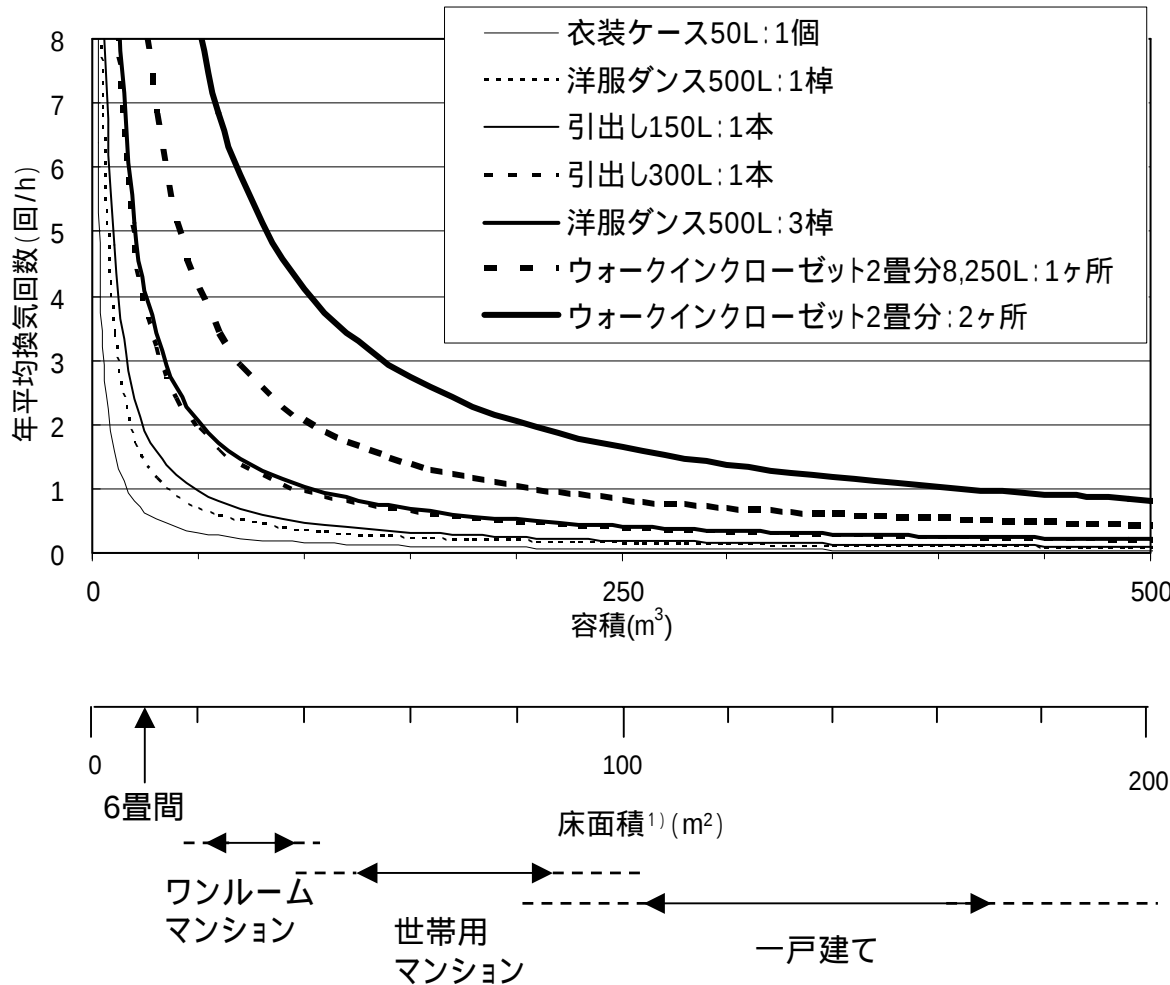
一般住宅における室内アセトアルデヒド発生源の室内濃度への寄与（年平均値）

考慮しなかった発生源：

- ・ 建材表面におけるエタノール等の反応
- ・ 排気型の換気に伴う構造材由来のものが流入

3 . リスク削減対策に対する考察

p-ジクロロベンゼンの例



考察

- 防虫効果の観点から，使用量の削減は困難．
- 図中の線より下に来るならば，**換気回数**を増やすべき
- この図は安全側の行動指針（モデルが高めの暴露濃度を与えるため）
- 容器サイズに応じた適正使用量のみならず，**部屋サイズに応じた総量の上限**に関する表示が必要

pDCB製防虫剤（メーカー推奨量）を使用する衣装収納がある場合の，**居住空間容積**と，主に家庭で過ごす人々（主婦・幼児・老人等）の暴露濃度が**参照値800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** を超えないために必要な**換気回数**との関係（線より下では，暴露濃度が800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える）

アセトアルデヒドの例

接着剤への対策

- ・室内濃度への寄与は1%未満，効果は限定的
- ・放散量の減少から，モデルを介して濃度低減幅を推定
- ・濃度低減幅は，平均濃度約 $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に対して，

	キャッチャー剤	低温加熱法
新築家屋	$0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$0.54 \mu\text{g}/\text{m}^3$
家具の新規購入家屋	$1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

換気設備の導入

- ・全排出源に対して一律に効果（他物質に対しても）
- ・換気回数の改善（式1の n が増加）
- ・全家屋に対し風量 $120\text{m}^3/\text{h}$ の換気設備を導入した場合，

算術平均値 $30 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ へ低減

最終的にはリスク削減幅を評価し，対策費用とを比較して議論

おわりに 課題

室内空気質の推定について

紫字：次の発表で取り組みを紹介

- ・室内モデルの高度化
完全混合の仮定(部屋による違い)
吸着や反応のモデル化
- ・換気回数のデータ(絶対値と変動)
- ・持ち込み量や放散量に関するデータ(絶対値と変動)

室内空間における暴露量推定に関して

- ・個人暴露との関連(生活時間や局所的高濃度の評価)
- ・住宅以外のデータ(学校, 職場)
- ・消費者製品からの直接暴露

各物質の評価については、
是非ポスターセッションをご覧ください。