

# 欧米の作業者暴露評価の動き

及び

今後のあり方

2009年1月6日

花井 荘輔

## リスク評価のシナリオ

リスク = 有害影響の程度  
×  
暴露の程度

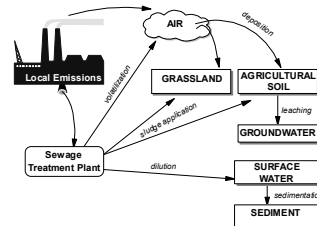


### 暴露

発生源とレセプターの関係から

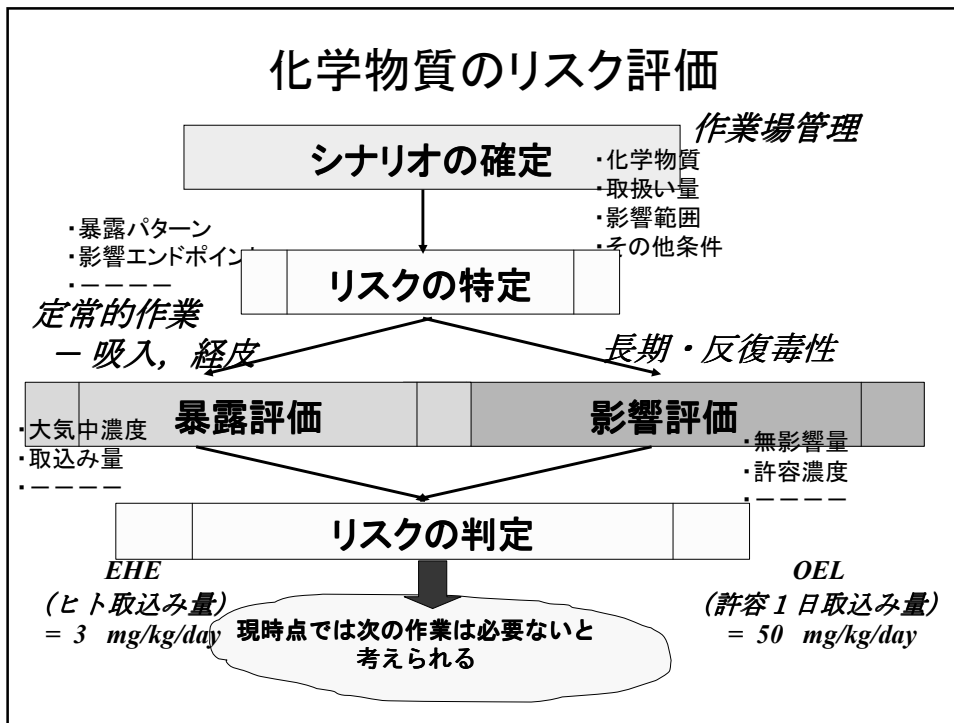


- ・直接暴露  
作業者  
消費者
- ・間接暴露 - 環境経由  
一般公衆



EUSES

Figure II-1 Local emission and distribution routes.



### 定性的評価と定量的評価

影響 暴露		定性的			定量的	
		大	中	小	1点データ 基準値 TDI/ADI/RfD	確率分布 無影響量 NAEL
定性的	高		コントロール バンディング 取扱い量 有害性G 飛散性・揮発性	簡易的 リスクアセスメント 対基準値倍数/ハザードレベル 作業時間・頻度		
	中		リスクの程度 1~5	暴露レベル 1~5		
定量的	低	優先順	管理手法	対策	初期評価	
	標準的 平均的 1点データ 濃度・取込量 EHE					
	具体的 地域的 確率分布 濃度・取込量				詳細評価	

## 作業者暴露評価

- ・シミュレーション
- ・既存データからの類推
- ・気中濃度の測定

労働省化学物質管理課 編 指針と解説(2000)

リスク評価：現在と将来の推定・予測  
 測定の問題：コスト, データの空間的・時間的的代表性

→ シミュレーションの重要性

## シミュレーション モデルのいろいろ

概念・内容	手法の例	システムの例	
<b>一般的な分類</b>			
経験的モデル 統計的	Empirical Statistical	データベース + 専門家の判断	EASE, COSHH Essential, ControlBanding
数理モデル 物理化学的	Mathematical Deterministic Physical-Chemical	完全混合モデル 近接場/遠隔場モデル NF/FF 乱流拡散モデル	ConsExpo, E-FAST, Risk Manager
統合 組合せ	Combined	Bayes解析	EASEの改良版として 期待?
<b>データの分布・変動性 V と不確実性 U に関して</b>			
決定論的	Deterministic	平均値, 最大値	多くの数理モデル
確率論的	Probabilistic	正規分布, 最尤値 モンテカルロ法	モンテカルロ法を応用した もの等
<b>新しい展開</b>			
Bayes解析	専門家の知恵 + 実測データ	EASE改良版への期待	BEAT
CFD	Computational Fluid Dynamics	室内物質分布 風速分布 鼻腔内沈着挙動	加藤ら(東大生研)の解析例 Kimbell (CIIT)の例

## シミュレーション モデルの例 - 1

**経験式** 例えば Matthiessen (1986) US EPA 容器充填モデル

$$C_{air} = \frac{0.409 \times f \times V \times r \times P_0 \times M}{k \times Q}$$

$C_{air}$ : 推定大気濃度 [mg/m<sup>3</sup>]  $P_0$ : 飽和蒸気圧 [Pa]  
 $f$ : 充填方式因子 splash: 1, 水面下: 0.5  $M$ : 分子量 [g/mol]  
 $V$ : 容積の容積 [m<sup>3</sup>]  $r$ : 充填速度 [容器数/hr]  
 $k$ : 混合係数 0.1~0.5  $Q$ : 排気速度 [m<sup>3</sup>/min]

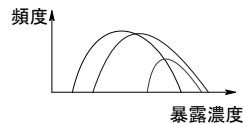
**数理モデル** 例えば ConsExpo v.4 (2005) RIVM 瞬間放出モデル

・瞬間的放出モード: 一時に放出された後, 換気で減少

$$1) \quad C_{air} = \frac{A_0 \times wf}{V} \times e^{-qt}$$

$C_{air}$ : 室内大気中濃度 [kg/m<sup>3</sup>]  $A_0$ : 製品重量 [kg]  
 $wf$ : 製品中の物質重量比 [-]  $V$ : 部屋の大きさ [m<sup>3</sup>]  
 $q$ : 部屋の換気率(単位時間あたりの交換数) [1/s]  
 $t$ : 暴露継続時間 [s]

**Bayes 解析** 専門家の知見 + 実測データ → 新しい分布  
 事前分布 + データ → 事後分布



## シミュレーション モデルの例 - 2

数理モデルのまとめ M.Nicas AIHce WS (2002)

発生モデル \ 分散モデル	完全混合	近接場 / 遠隔場	乱流拡散
一定発生 単純物質収支			
バックプレッシャー $G(t) = G_0(1 - C(t)/C_{sat})$			
小液滴 $G(t) = G_0 \exp(-\alpha t)$			
飽和蒸気圧	最悪シナリオとして飽和蒸気圧で発生 濃度 = 飽和蒸気圧 / 大気圧		

## モデル開発・利用の動向

主な作業暴露評価手法 その他 別紙1

作業者等の暴露予測手法に関する経緯 別紙2

### 米国

EPA中心に多数のモデル 問題ごと

例 E-Fast, ChemSTEER

多くの専門家 consultants

大学人 例 M.Nicas

産業人 例 M.Jayjock

### 欧州

TGD → EUSES → REACH の一連の流れ

英国のHSE：実測データ → EASE

オランダのTNO, RIVM (半)公的機関でシステム開発

欧州全体の共同事業でシステム化 例 EUSES, RiskOfDerm

Bayes 解析, MCMC など新規技術の試行も

## REACHの暴露評価ツール

2008年4月 RIPs + 2008年5月末 (TGs)

	原則	Tier 1	Tier 2
職業暴露 Occupational	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 3経路</li> <li>吸入・経皮・経口</li> <li>・ 実測が原則</li> </ul>	ECETOC TRA 改訂中 =EASE 2.0 EMKG/COSHH-BAuA  Stoffenmanager	検証されたものはない ConsExpoも使えれば使う EUROPEAN Technical Notes Guidance : Biocides RISKOFDERM : 経皮 Stoffenmanager Advanced tool : Bayes解析の応用
消費者暴露 Consumer	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 3経路</li> <li>吸入・経皮・経口</li> </ul>	Generic EUSES ConsExpo 4.1から5つの式 ECETOC TRA	ConsExpo v.4.1 EPAのいくつか WPEM CEM MCCEM SCIES DERMAL
環境暴露 Environmental	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 表層水・海洋・陸上</li> <li>・ 食物連鎖最上位</li> <li>・ STP微生物</li> <li>・ 大気-オゾン層破壊,</li> <li>温暖化, 酸性雨</li> <li>・ ヒト間接 環境経由</li> </ul>	EUSES TGD-Excel FOCUS : 農薬用(間接) CHARM : 英仏海峡生態系	EUSES, TGDss (Excel) より具体的なデータ

## コントロールバンディングー覧

Zalk et al, J,Occup. Environ,Hyg., Vol.5, 330-346 (2008)を基本に

ハザード・暴露 → 管理手法

ハザード → 管理手法

1980年代

製薬業界での導入  
Merck社など

1990年代

英国 HSE COSHH-Essential

2000年代

ILO Control Banding

米国 NIOSH

欧州 RISKOFDERM

オランダ TNO DREAM

} 経皮暴露評価

オランダ Stoffenmanager

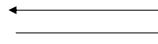
ドイツ EMKG/BauA-COSHH REACH TG で例示

Paik et al, Ann Occup Hyg. Vol.52, 419-428 (2008) LLNL ナノ材料への応用

日本 中災防 簡易法 実測値があれば活用

HSE, 産業界からの反論

Jones, Nicas の批判



## 現状認識と今後のあり方

### 現状認識

- ・ シミュレーションが苦手
- ・ 「法律で決まれば」という姿勢
- ・ 縦割り行政
- ・ データベース不在
- ・ 専門家の絶対的な不足

### 今後

- ・ モデルの検証 ← 実績の積み上げ
- ・ 戦略的・長期的ビジョン
- ・ 知的基盤：モデル開発, データベース維持・発展
- ・ 人材育成：若手に任せる. 継続. CASの例
- ・ 公的拠点：組織としての取組み
- ・ 情報とデータに基づきリスクで議論する文化を