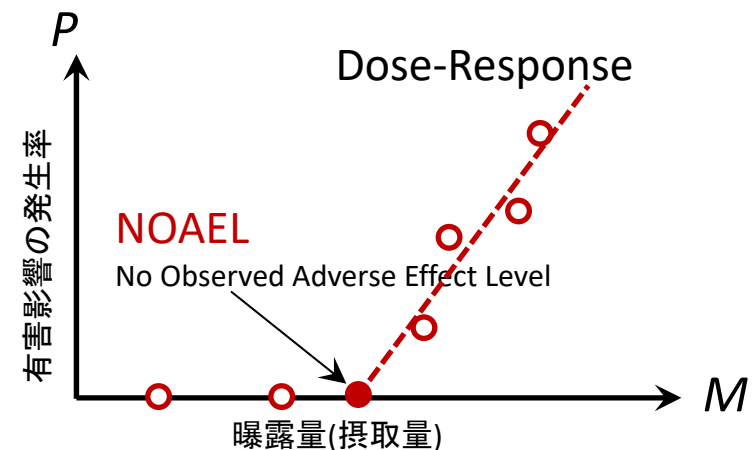


# 人間・建築を中心とした環境概論6: 2021/05/23, 11:25-12:55

- 環境リスク

# 環境リスク－化学物質曝露を例として

- 大気や水域等の環境中に排出された汚染物質(化学物質)によるヒトの健康および環境中の生物に生じるリスク
  - － 健康リスク＝生態リスク＝環境(経路)リスク
- 直接曝露: 排出源→室内空気→ヒト
- 間接曝露: 排出源→大気→土壌→植物→家畜→ヒト
  - － (大気→ヒト, 植物→ヒト, の経路もある)
- 健康リスクは曝露量と有害性評価値(それ以下では悪影響を生じない最大量, 即ち閾値, 無毒性量NOAELとも云う)の大小関係で評価
  - － リスク懸念あり: 曝露量 > 有害性評価値
  - － リスク懸念無し: 曝露量 < 有害性評価値



# 環境リスク・健康リスク評価の基本

- 暴露評価: 暴露量の算出
- 有害性評価: 有害性評価値の算出
- リスク評価: 暴露量と有害性評価値の比較



耐用一日摂取量TDI  
(Tolerable Daily Intake): 環境汚染物質

許容一日摂取量ADI  
(Acceptable Daily Intake): 農薬・食品添加物

導出無影響レベルDNEL  
(Derived No-Effect Level): REACH

参照用量RfD  
(Reference Dose): US EPA

職業曝露限界OEL  
(Occupational Exposure Limits): 職業曝露

予測無影響濃度PNEC  
(Predicted No Effect Concentration): 生態

- 暴露評価・リスク評価の出発点は、**有害性評価**
  - どの程度の量でどのような影響が見られるかを調査し、それ以下では悪影響を生じない量(有害性評価値)を推定: 所謂**環境基準**も同類

# 建築物衛生法による空気基準

- 一日の使用時間の平均値を持って基準と比較
  - 浮遊粉じん量: **0.15** mg/m<sup>3</sup>以下
  - 一酸化炭素: **10**ppm以下
  - 二酸化炭素: **1000**ppm以下
  - 温度: **17**°C以上**28**°C以下
  - 湿度: **40**%以上**70**%以下
  - 気流: **0.5**m/s以下
  - ホルムアルデヒド量: **0.1**mg/m<sup>3</sup>以下 (0.08ppm)

# 大気汚染に係わる環境基準

- 二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>): 0.04ppm以下(1日平均値), 且つ0.1ppm以下(1時間値)
- 一酸化炭素(CO): 10ppm (1日平均値), 且つ20ppm以下(1時間値の8時間平均値)
- 浮遊粒子状物質(SPM): 0.1mg/m<sup>3</sup>以下(1日平均値), 且つ0.2mg/m<sup>3</sup>以下(1時間値)
- 二酸化窒素(NO<sub>2</sub>): 0.04ppm~0.06ppmの範囲内, もしくはそれ以下(1日平均値)
- 光化学オキシダント(Ox): 0.06ppm (1時間値)
  
- ベンゼン: 0.003mg/m<sup>3</sup>以下(1年平均値)
- トリクロロエチレン: 0.13mg/m<sup>3</sup>以下(1年平均値)
- テトラクロロエチレン: 0.2mg/m<sup>3</sup>以下(1年平均値)
- ジクロロメタン: 0.15mg/m<sup>3</sup>以下(1年平均値)
- ダイオキシン類: 0.6pg-TEQ/m<sup>3</sup>以下(1年平均値)
- 微量粒子状物質: 15μg/m<sup>3</sup>以下(1年平均値), 且つ35μg/m<sup>3</sup>以下(1日平均値)

# Risk = Hazard \* Exposure

- 化学物質による健康リスク: **有害性**(Hazard)と**曝露量**(Exposure)で決定
- リスク評価の代表的な方法

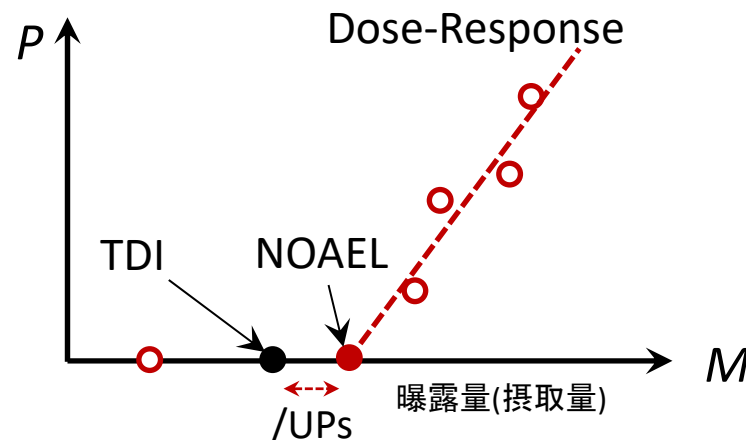
– Hazard Quotient (**HQ**, ハザード比):  $HQ = \frac{EHE}{TDI}$  (HQ<1:リスク懸念なし)

**EHE** (Estimated Human Exposure): ヒトへの推定曝露量  
(呼吸や食事量, 体重等の数値が一律であると仮定し推定した曝露量)

**TDI** (Tolerable Daily Intake): 耐用一日摂取量  
(TDI=NOAEL/UFs, **UFs**: 不確実係数)

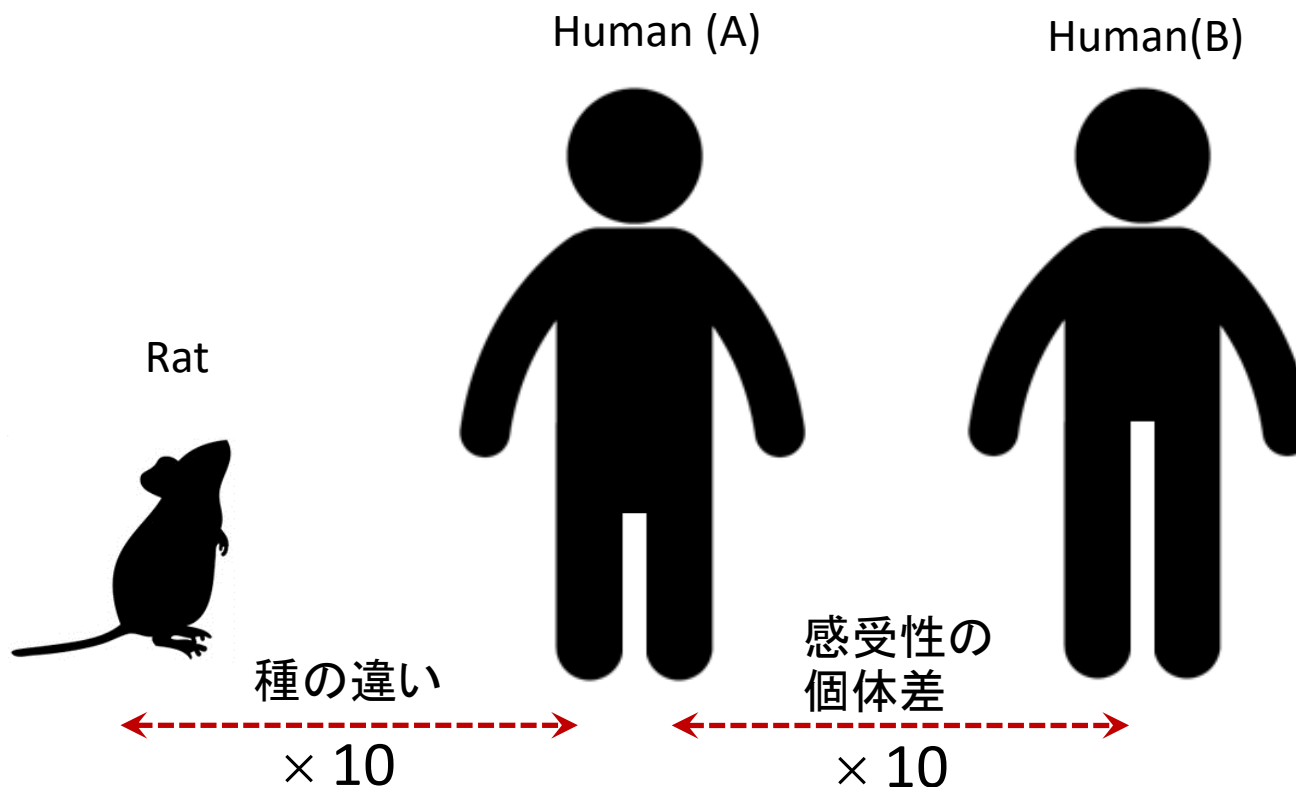
– Margin of Exposure (**MOE**, 曝露マージン):  $MOE = \frac{NOAEL}{EHE}$

(MOE>UFs: リスク懸念なし)



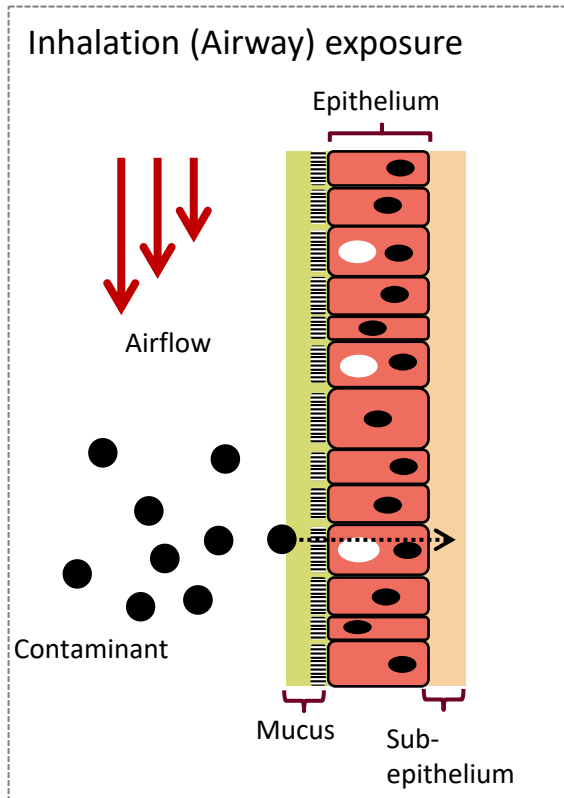
# 不確実係数 UF

- 化学物質曝露に対する人体実験は出来ないため、動物実験で代替
- 安全側評価のため、動物とヒトの種差( $\times 10$ )と、感受性の違いである個体差( $\times 10$ )を考慮した100を基本
- 試験期間や信頼性等の項目に不確実性あれば更に係数を追加
  - UF=10 (1ヶ月試験期間), 5 (3ヶ月試験), 2 (6ヶ月試験), 1 (6ヶ月以上の試験期間)



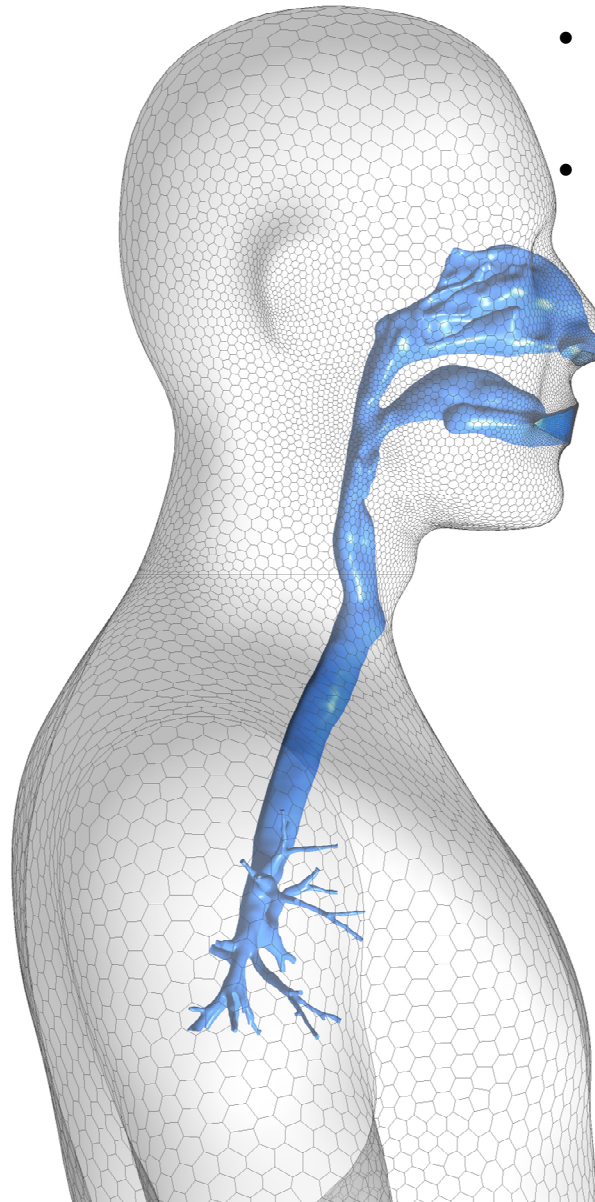
# 人体の曝露(Exposure)経路

## 経気道(吸入)曝露



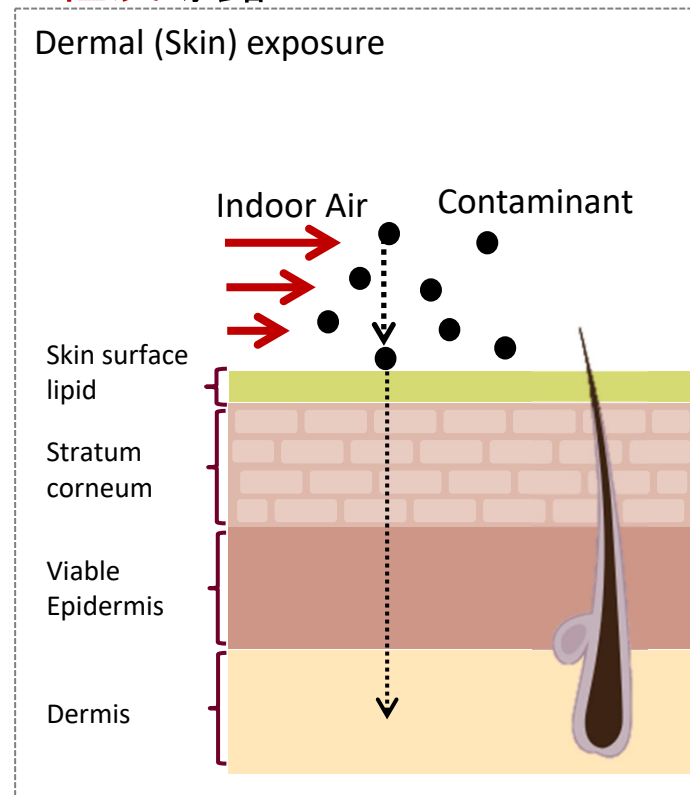
## 経口曝露

Oral (Ingestion) exposure  
口から食道を經由して内臓へ



- 曝露経路(経気道, 経口, 経皮)と時間経過(急性, 慢性)にて分類
- 病原微生物(細菌, ウィルス), 薬物(化学物質), 物理要因

## 経皮曝露



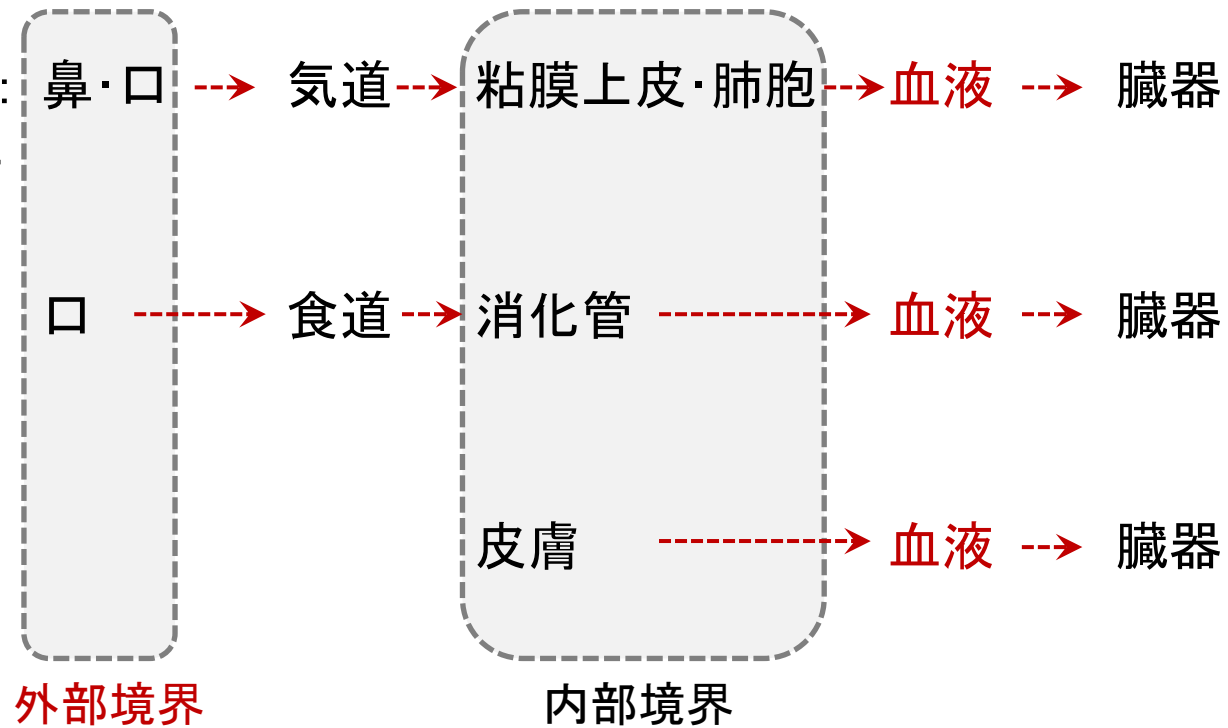


# 暴露評価

- 吸入(経気道)曝露:
  - 鼻・口
  - ガス・浮遊粒子

- 経口曝露:
  - 口
  - 食物・飲料水

- 経皮曝露:
  - 皮膚付着物



曝露濃度・曝露量は, 一般的にこの外部境界を通過する量を指す

$$\underbrace{M_{\text{exp}}}_{\text{曝露量}} = \underbrace{E_{\text{total}}}_{\text{排出量}} \times \underbrace{f(\alpha, \beta, \dots)}_{\text{物質の性状・環境特性}} \times \underbrace{V_{\text{uptake}}}_{\text{摂取速度等}}$$

# 初期リスク評価におけるヒトへの曝露量推定

- 以下の4種類の曝露経路を想定し, 1日当たりの摂取量を合計
- ヒトの体重(50kg)で除し, [mg/kg/日]あるいは[ $\mu$ g/kg/日]の単位の総曝露量を算出

## 1. 呼吸による曝露量

大気中の濃度  $\times$  空気吸入量 (20m<sup>3</sup>/日) = 曝露量

## 2. 水を飲むことによる曝露量

飲料水中の濃度  $\times$  飲料水摂取量 (2L/人/日) = 曝露量

## 3. 食物, 食品経由の曝露量

食物中の濃度  $\times$  食物摂取量 = 曝露量

魚介類中の濃度  $\times$  魚介類摂取量 (120g/日) = 曝露量

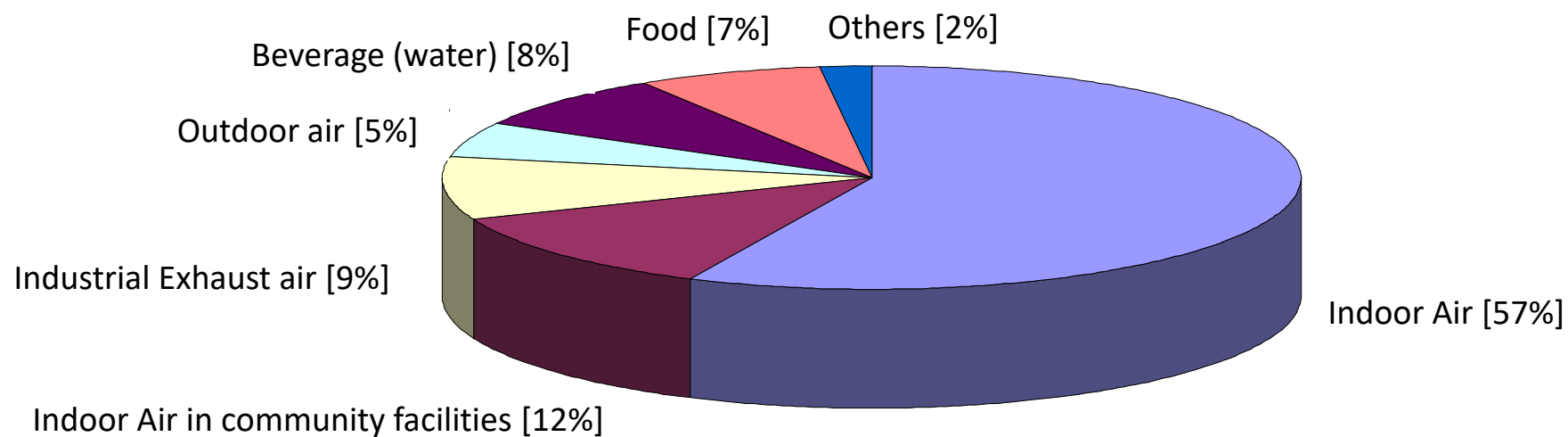
公的研究報告結果(例えば厚生労働省やWHO)を利用して曝露量推定

## 4. 家庭用品経由の曝露量

用途から推定される曝露について各々曝露量を推定算出

吸収率は100%と仮定(ヒトに関する代謝などの特別なデータがない限り)

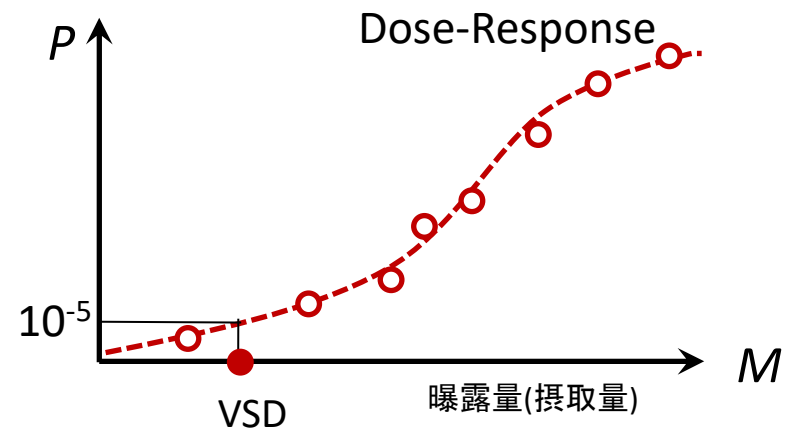
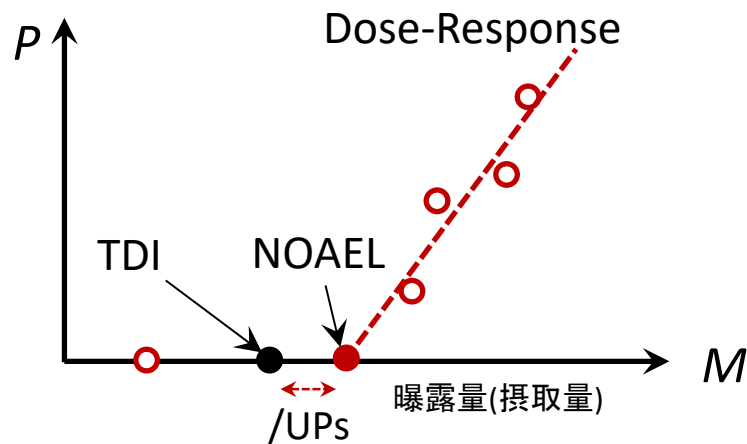
# 一日の平均物質摂取量



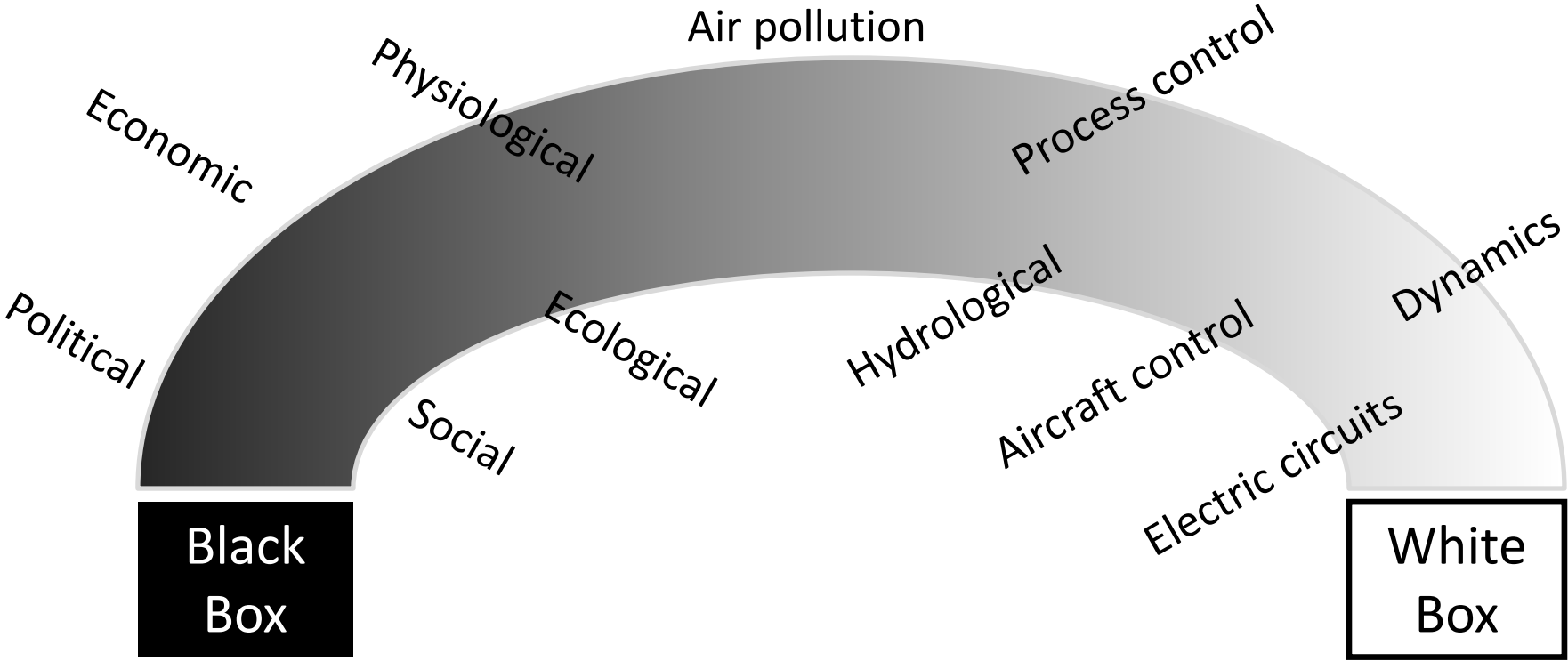
Total 10-25 kg (15,000L) / 1day

# 閾値無しモデルと閾値有りモデル

- 発癌性物質が遺伝子に作用して悪性腫瘍(癌)を作る場合, “物質の量がこれ以上少なければ発癌可能性無し”という閾値が無い
- 有害性に閾値がない
  - NOAELもしくはTDIの値も存在しない
  - 代替として, VSD (Virtually Safe Dose: 実質安全率, 10万分の1の確率で発癌する量)などを用いる



# White-Box and Black-Box Spectrum



White Box and Black Box Spectrum



[Karplus, 1976]