埼玉県 令和8年度化学物質対策セミナー

化学物質のリスクトレードオフ

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
安全科学研究部門

蒲生 昌志

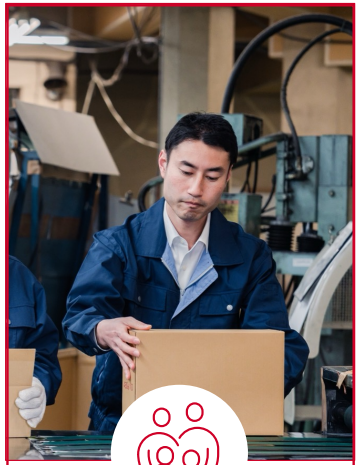
RISS Research Institute of Science for Safety and Sustainability

産総研の概要

社会課題の解決と
我が国の産業競争力強化



エネルギー・
環境・資源制約
への対応



人口減少・高齢化
社会への対応



レジリエントな
社会の実現

12,322 名 が研究開発活動を実施

研究職	2,287 名
事務職	691 名
技術職	45 名
契約職員（ポスドク、テクニカルスタッフ等）	3,217 名
その他（産学官・国際制度来所者等、役員、顧問、参与および特定フェロー）	5,896 名
AIST Solutions社員	186 名

※2025年３月末時点。ただし、産学官・国際制度来所者等については2024年度の実績

産総研の概要 cont.

実装研究センター

- CCUS実装研究センター
- サーキュラーテクノロジー実装研究センター
- ネイチャーポジティブ技術実装研究センター
- 次世代ものづくり実装研究センター
- ウェルビーイング実装研究センター
- セルフケア実装研究センター
- レジリエントインフラ実装研究センター

エネルギー・環境領域

- 再生可能エネルギー研究センター
- ゼロエミッション国際共同研究センター
- 安全科学研究部門
- エネルギープロセス研究部門
- 環境創生研究部門
- 省エネルギー技術研究部門
- 電池技術研究部門

生命工学領域

- バイオものづくり研究センター
- 健康医工学研究部門
- 細胞分子工学研究部門
- モレキュラーバイオシステム研究部門

情報・人間工学領域

- 人工知能研究センター
- インテリジェントシステム研究部門
- インテリジェントプラットフォーム研究部門
- サイバーフィジカルセキュリティ研究部門
- 人間社会拡張研究部門
- 人間情報インタラクション研究部門

材料・化学領域

- マテリアルDX研究センター
- 化学プロセス研究部門
- 機能化学研究部門
- 材料基盤研究部門
- 触媒化学研究部門
- ナノカーボン材料研究部門
- マルチマテリアル研究部門

エレクトロニクス・製造領域

- 先進パワーエレクトロニクス研究センター
- 先端半導体研究センター
- 光電融合研究センター
- エレクトロニクス基盤技術研究部門
- 製造基盤技術研究部門
- センシング技術研究部門
- ハイブリッド機能集積研究部門

地質調査総合センター

- 活断層・火山研究部門
- 地圏資源環境研究部門
- 地質情報研究部門
- 地質情報基盤センター

計量標準総合センター

- 工学計測標準研究部門
- 物理計測標準研究部門
- 物質計測標準研究部門
- 分析計測標準研究部門
- 計量標準普及センター

量子・AI融合技術ビジネス開発グローバル研究センター（G-QuAT）

2025.04.01 現在

安全科学研究部門



これまで培ってきた化学物質リスク評価、フィジカルリスク評価、ライフサイクル評価を3つの柱として、環境・安全・持続可能性にかかる評価基盤を構築するとともに、社会課題を解決するための評価を行います。

これにより、昨今の社会課題が有する複層的なリスクトレード・オフ問題を定量化し、合理的な意思決定を支援します。

安全科学研究部門Webサイト（https://riss.aist.go.jp/）より

今日の内容

１．リスクとは

２．化学物質のリスク評価（簡単に）

３．化学物質のリスクトレードオフ

４．定量的なリスク評価

５．おわりに

今日の内容

１．リスクとは

２．化学物質のリスク評価（簡単に）

３．化学物質のリスクトレードオフ

４．定量的なリスク評価

５．おわりに

「リスク」の前に・・

「安全」には思考停止の危険性がある

「安全」だと思い込んでしまう

⇒リスクへの対応や心構えが忘れられる。
→かえって危険な状況に。

「安全」「危険」の二分法発想

⇒危険の程度が分からない
→際限ない不安と過剰反応
→他の大切なリスクを見落とす。

リスク

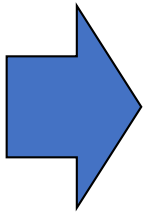
望ましくない事象について、
「生じる確率」と「望ましくない度合い」
をかけ合わせたもの

次のようなことはリスクとは呼ばない
- 起きてしまった個々の害悪
- 具体的に起きることが確実な害悪
- ある事象が持つ有害な性質それ自体
- ある事象が生じる確率それ自体

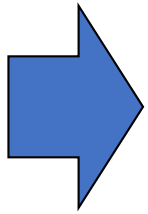
分野・文脈により定義やニュアンスが違う

リスク評価の役割

様々な問題
様々な要因



大雑把でも
量的な把握



方向性を
誤らない

リスク評価

「量的な議論」
　質的な意見の相違から，
　仮定やデータについての検討へ（共通の土台）

リスク評価の役割　cont.

「リスクはある」を前提として、その大きさを見積もる。
リスクへの対応を決めること（意思決定）が目的。

対象の事象はどれ？

- 早急に対応すべき大きなリスク
- 社会状況を考えて減らし方を考えるような中くらいのリスク
- 無視してよい小さいリスク

結果として、「安全」と見なされる。

「化学物質のリスクを評価する」とは？

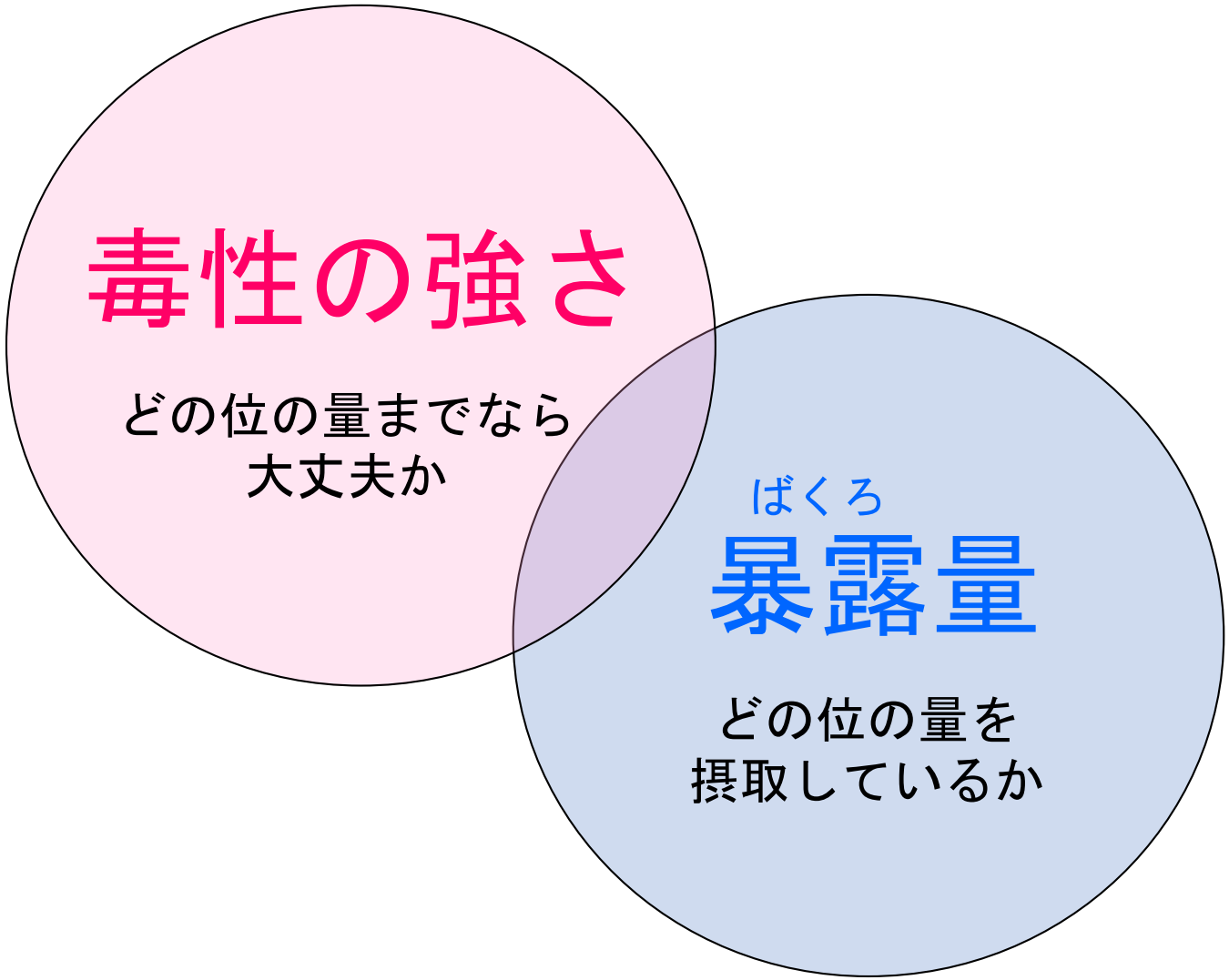
「化学物質の有害性と暴露量の兼ね合いで考える」

有害性：物質に固有の性質
「どの位の量までなら大丈夫か」

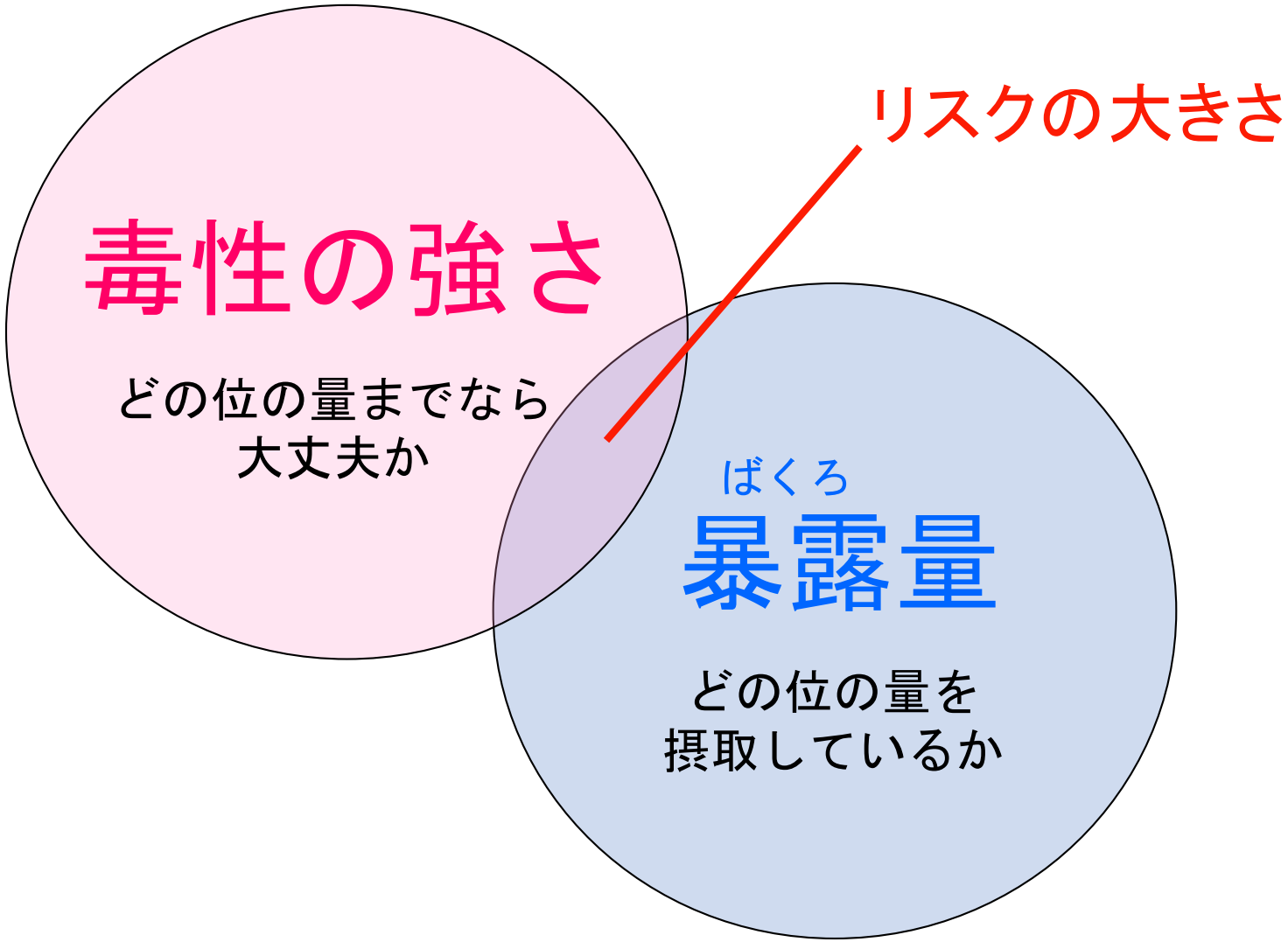
暴露量：物質の使い方による
「どのくらいの量を摂取しているか」

（明示的に「生じる確率」と「望ましくない度合い」をかけ合わせているわけではない）

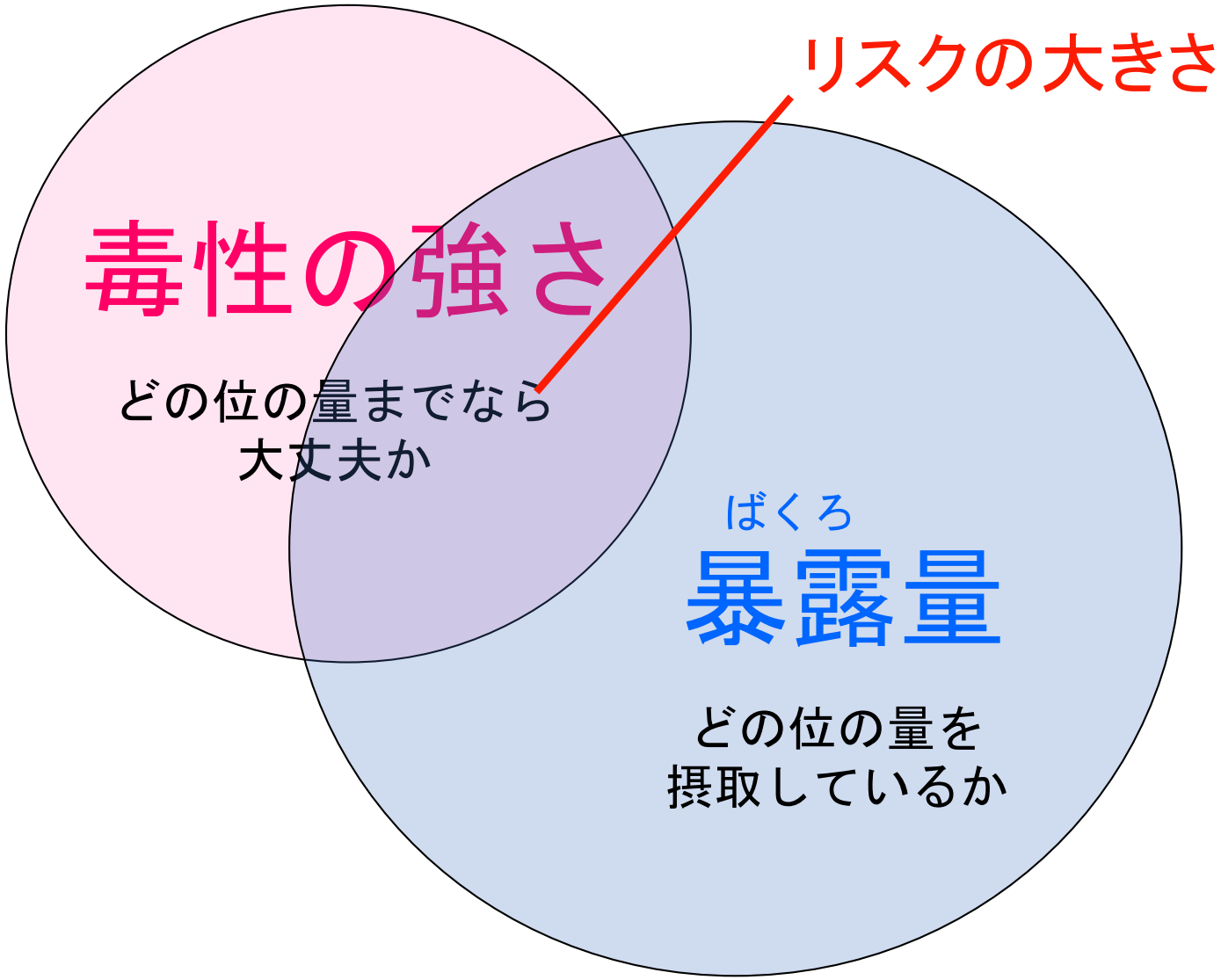
化学物質のリスクのイメージ



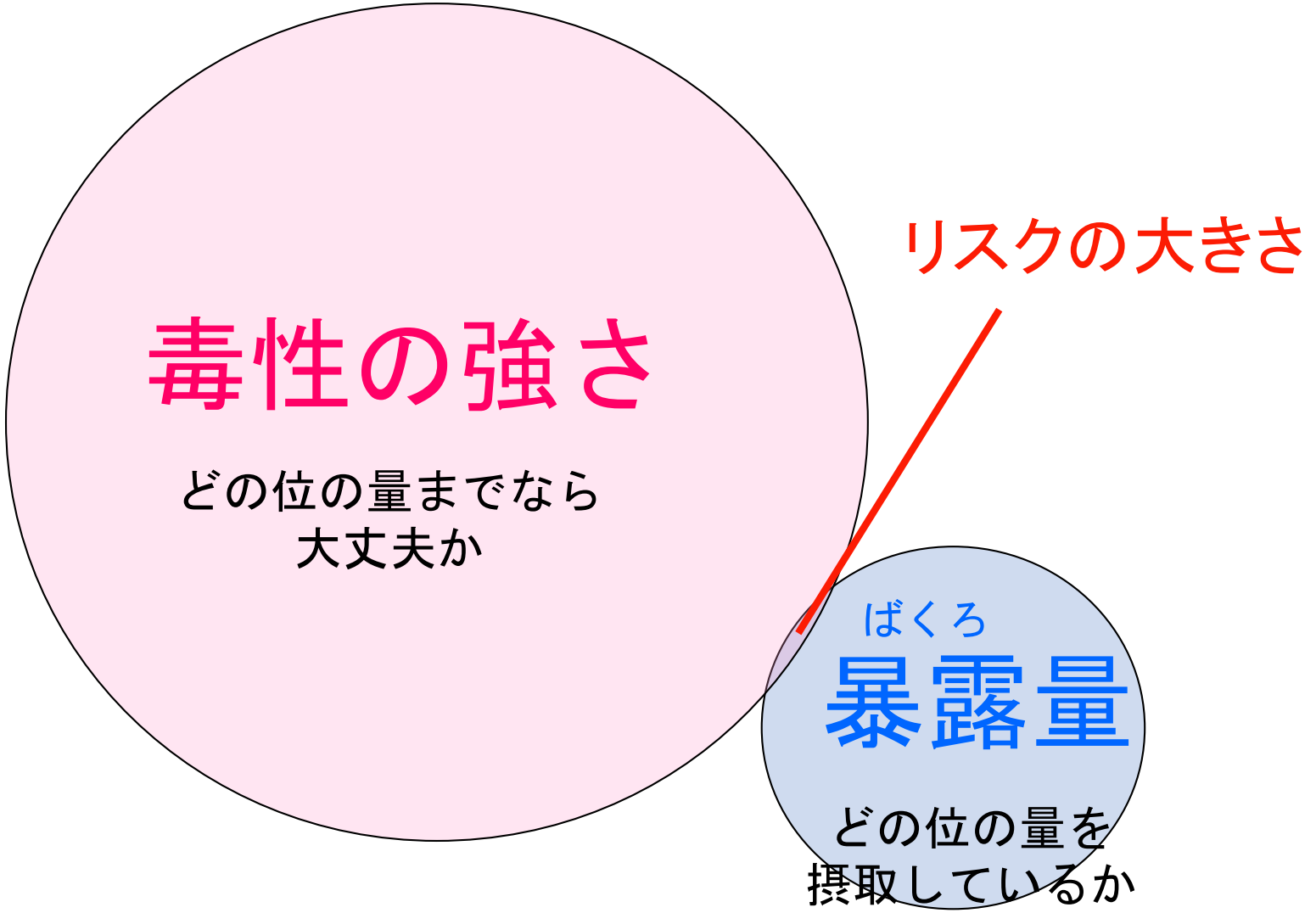
化学物質のリスクのイメージ



化学物質のリスクのイメージ



化学物質のリスクのイメージ



今日の内容

１．リスクとは

２．化学物質のリスク評価（簡単に）

３．化学物質のリスクトレードオフ

４．定量的なリスク評価

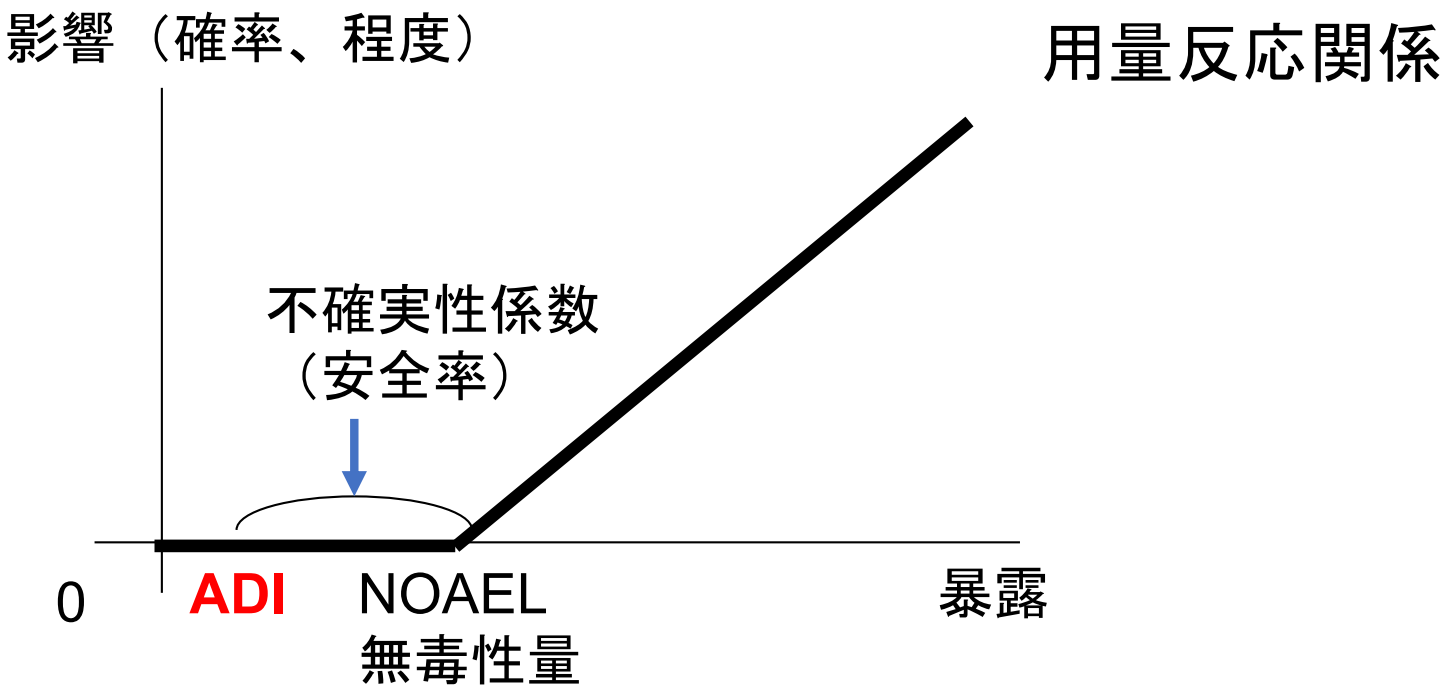
５．おわりに

異なるタイプの化学物質のリスク

非発がんリスク　　：閾値がある
（＝ある量以下の暴露なら「安全」と言える）

発がんリスク　　：閾値がない
（＝暴露があれば、小さくても相応のリスク）

非発がんリスクの評価



ハザード比　＝　暴露量／ADI（一日摂取許容量）

「１」を超えるか否かで判断する。

化学物質のリスク評価　例題１

パラジクロロベンゼン：防虫剤，消臭剤

厚生省によるシックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会において採用された証拠は、ビーグル犬の反復投与毒性試験による無毒性量は10 mg/kg/dayでした。これに基づくと、許容濃度は **240 μg/m^3** と算出されます。

一方、ある年の全国調査において，室内濃度の平均値は**123 μg/m^3**、最大値は**2,246 μg/m^3**でした。

Q：ハザード比を算出して、パラジクロロベンゼンの平均値と最大値の濃度に対するリスクの有無を論じてください。

例題１の解答例

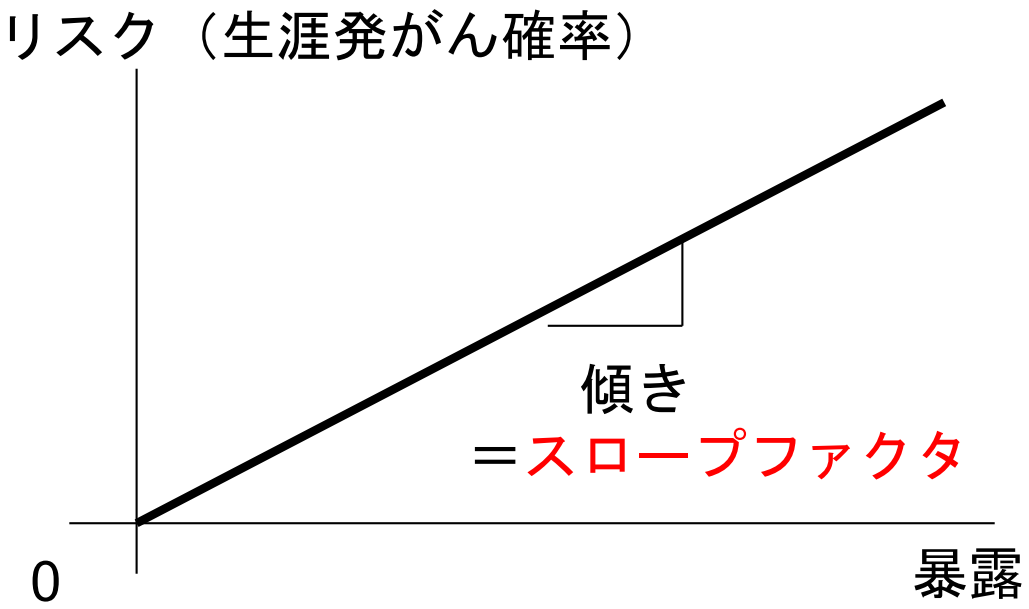
暴露レベルの平均値（123 μg/m^3）と許容濃度（240 μg/m^3）との比（＝ハザード比）を計算し、それが１を超えているかどうか調べます。

123（μg/m^3）÷240（μg/m^3）＝0.51＜1
→リスクは無いと判断されます。

次に，最大値についてリスクを判定します.

2,246（μg/m^3）÷240（μg/m^3）＝9.4＞1
→リスクが無いとは言えないと判断されます。

発がんリスクの評価



生涯発がん確率　＝　暴露量　×　スロープファクタ

しばしば、10^{-5}（生涯暴露で10万人に1人の発がん）を下回れば、リスクは無視できるレベルと見なされる。

化学物質のリスク評価　例題２

ダイオキシン類：
塩素系除草剤等の不純物，廃棄物焼却の副生成物

スロープファクタ：
　１×10^{-4} per pgTEQ※ /kg/day（EPA 1997, draft）

暴露レベル：
　120 pgTEQ※/day（1997年の幾何平均値：食品等）
　　※　TEQ：2378TCDDの毒性で基準化した物質量

Q：発がんリスクを計算してください（体重を50kg）。

例題２の解答例

暴露レベルとスロープファクタを、単位に注意して掛け合わせます。

{120（pg/day）÷ 50（kg）}
× 1 ×10^{-4}（per pg/kg/day）＝ 2.4 ×10^{-4}

↑

生涯のうちに、1万人に2.4人

10^{-5}（10万人に1人）の発がんリスクを目安として考えると、このリスクは「無視できるとは言い難い」レベルと判断されます。

もうひとつ例題

問：シロアリ防除剤クロルデンからクロルピリフォスへの切り替え（1980年代末）を支持するか？

シロアリ防除剤クロルデン（有機塩素系の殺虫剤）

1968年に農薬としての登録は失効
シロアリ防除剤として使用が急増
難分解性、高蓄積性、発がん性
1986年に化審法（化学物質審査規制法）により禁止された。

主たる代替物質としてクロルピリフォス（有機リン系の殺虫剤）

発がん性は無いか小さい、高い神経毒性
環境残留性は小さい（当時の知見）
高コスト（薬剤、作業者防護、健康管理）

暴露量と用量反応関係

		クロルデン	クロルピリフォス
一日摂取量 (μg/kg/day)	処理家屋の住人	0.133	0.253
	非処理家屋の住人	0.0138	0
	防除作業者	0.86	3.52
		（1990年ころの文献収集による）	
有害性		スロープファクタ 1.3×10^{-3} per μg/kg/day （EPA 1986）	ADI：一日摂取許容量 1.5 μg/kg/day （WHO 1973）
リスクの判定		発がんリスク （10^{-5}を目安）	ハザード比 （1を目安）

リスク評価の結果

	クロルデン 発がんリスク		クロルピリフォス ハザード比	
処理家屋の住人	1.7×10^{-4}	×	0.17	○
非処理家屋の住人	1.8×10^{-5}	△	0	◎
防除作業者	4.8×10^{-4}	×	2.4	×
リスク判定の目安	10^{-5}との比較		「１」を超えるか	

問い

- シロアリ防除剤クロルデンからクロルピリフォスへの切り替え（1980年代末）を支持するか？

「支持する」「支持しない」「一概に言えない」

- なぜそう思うか？

ポイント：

- 両薬剤はどのようなタイプの有害性を生じるでしょうか。
- リスクは、それぞれ、どのように判定されるでしょうか。
- どちらの薬剤のリスクが大きいでしょうか。
- 集団によって、暴露やリスクの大きさに違いがあるでしょうか？

今日の内容

１．リスクとは

２．化学物質のリスク評価（簡単に）

３．化学物質のリスクトレードオフ

４．定量的なリスク評価

５．おわりに

リスクトレードオフとは

あるリスクを削減するために、別のリスクが生じること

目標リスクと比較して 対抗リスクが	目標リスクと比較して, 対抗リスクが		
		同じ種類	異なる種類
	同じ集団	リスク相殺	リスク代替
	異なる集団	リスク移動	リスク変換

【出典】Graham, Wiener編, 菅原監訳 リスク対リスク, 昭和堂

目標リスク：削減対象となる物質のリスク
対抗リスク：代替物質のリスク

様々なリスクトレードオフ問題

たとえば、

PRTR対象物質　　非PRTR対象物質への代替

シロアリ防除剤　　発がん性と地球環境⇔神経毒性

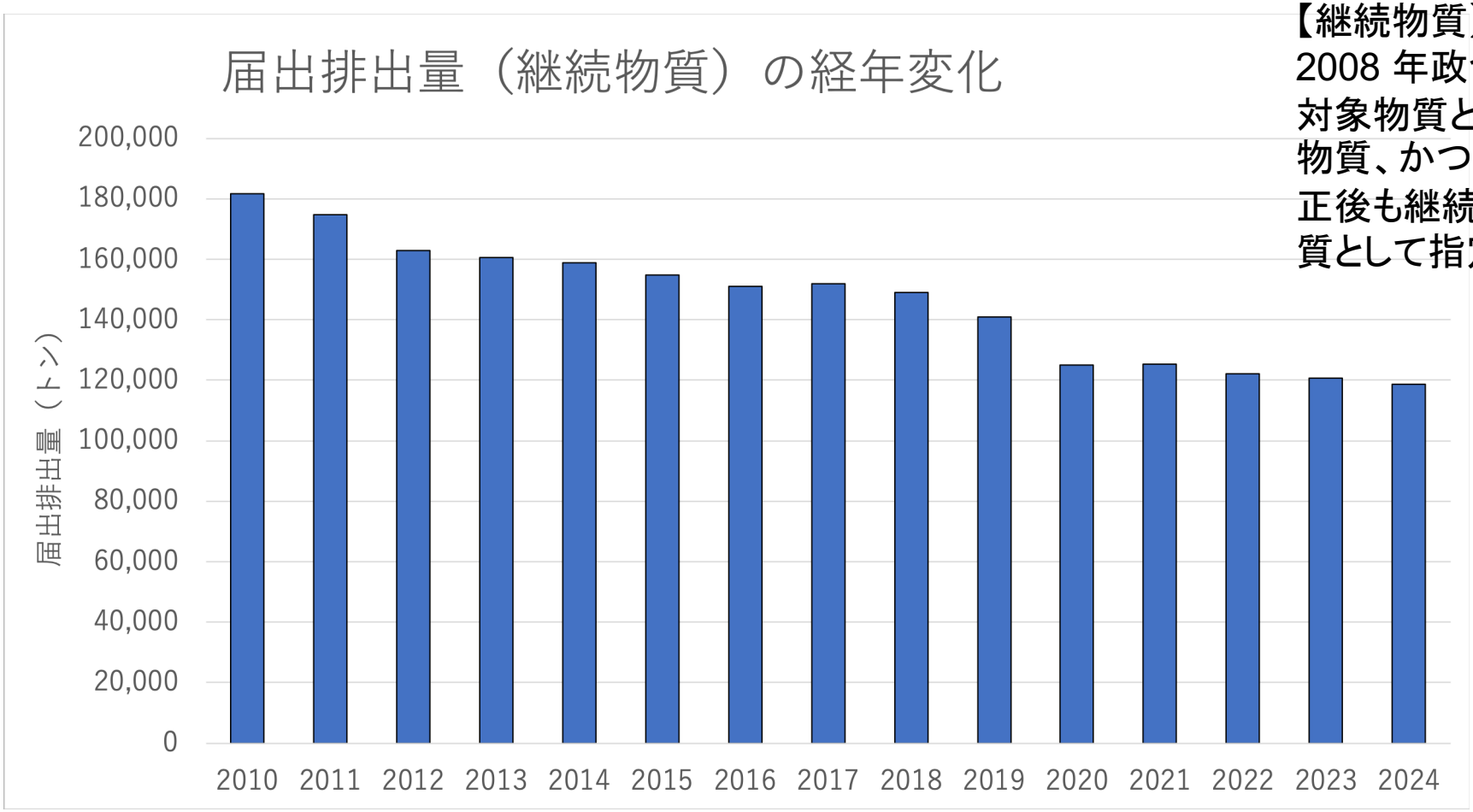
水道水の塩素消毒　水系感染症⇔トリハロメタン

DDT（有機塩素系殺虫剤）地球環境汚染⇔途上国等でのマラリア

冷媒　　エネルギー⇔オゾン層破壊
⇔燃焼危険性⇔有害性

再生プラ中化学物質　化学物質リスク⇔プラ機能
⇔リサイクル性⇔物量確保

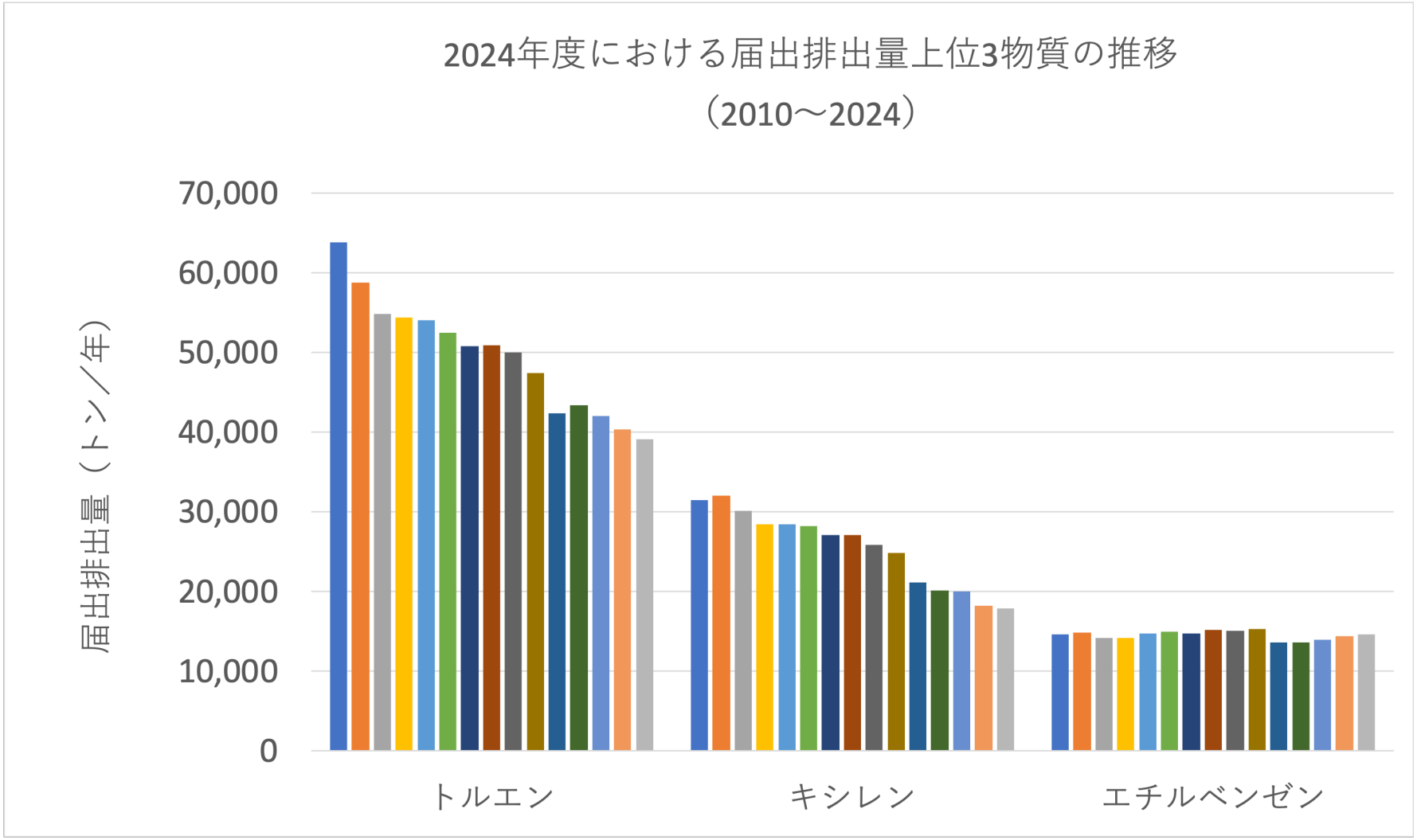
PRTR届け出排出量の削減



【継続物質】
2008 年政令改正時に届出対象物質として指定された物質、かつ 2021 年政令改正後も継続して届出対象物質として指定された物質

令和6年度 PRTRデータの概要　3.届出排出量・移動量の経年変化の概要について より作図
（ https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/prtr/r6kohyo/gaiyou.html）

PRTR届け出排出量の削減　cont.



令和6年度 PRTRデータの概要　3.届出排出量・移動量の経年変化の概要について より作図
（ https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/prtr/r6kohyo/gaiyou.html）

排出削減の裏に、物質の代替があるかも

PRTR対象化学物質の状況に関する事業者アンケート（平成15年）の結果、

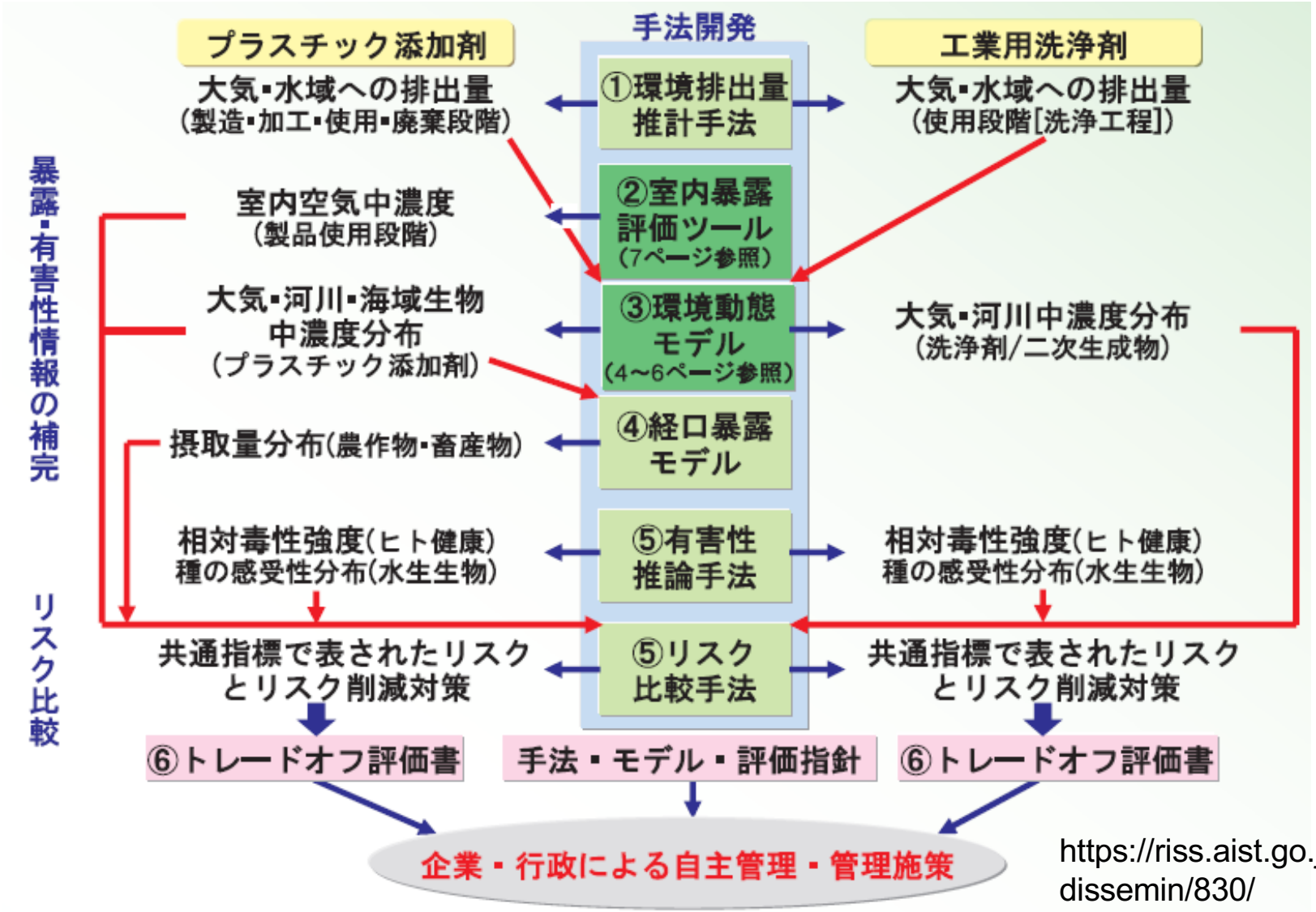
- 回答のあった1693事業所のうち、372事業者が１物質以上への代替を行っていた。
- 代替事例666のうち、化管法対象外物質への代替が284、不明が355であった。

物質代替を実施した事業者へのヒアリング（平成16年度）の結果、その動機は、「取引先・業界団体等からの要請等」「独自の環境への取組」「他法令において削減等が求められていたため」「コスト削減のため」「その他」

？　物質の代替は本当にリスク削減に寄与したのか　？

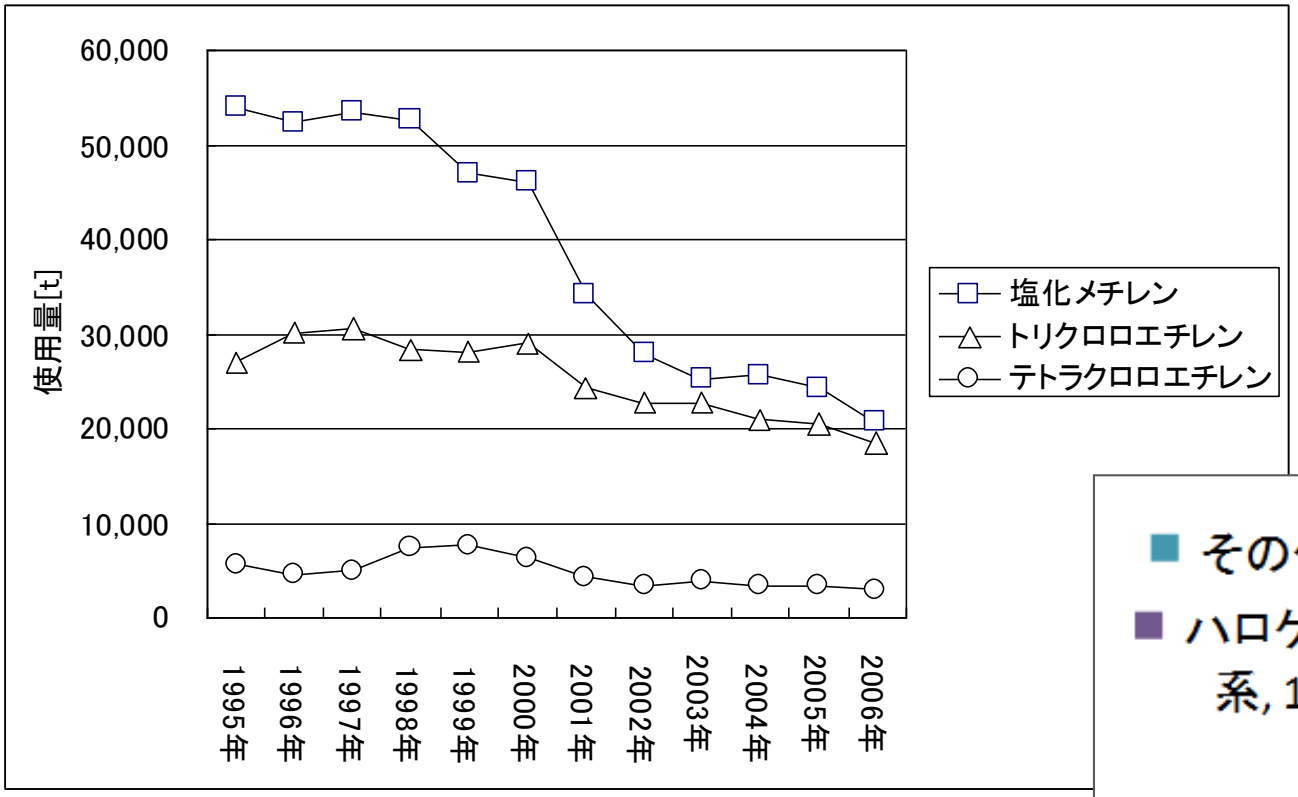
上記アンケート・ヒアリングの情報：https://www.env.go.jp/council/05hoken/y055-05/mat10-1.pdf

NEDOプロジェクト「化学物質の最適管理をめざすリスクトレードオフ解析手法の開発」(H19-23)



https://riss.aist.go.jp/results-and-dissemin/830/

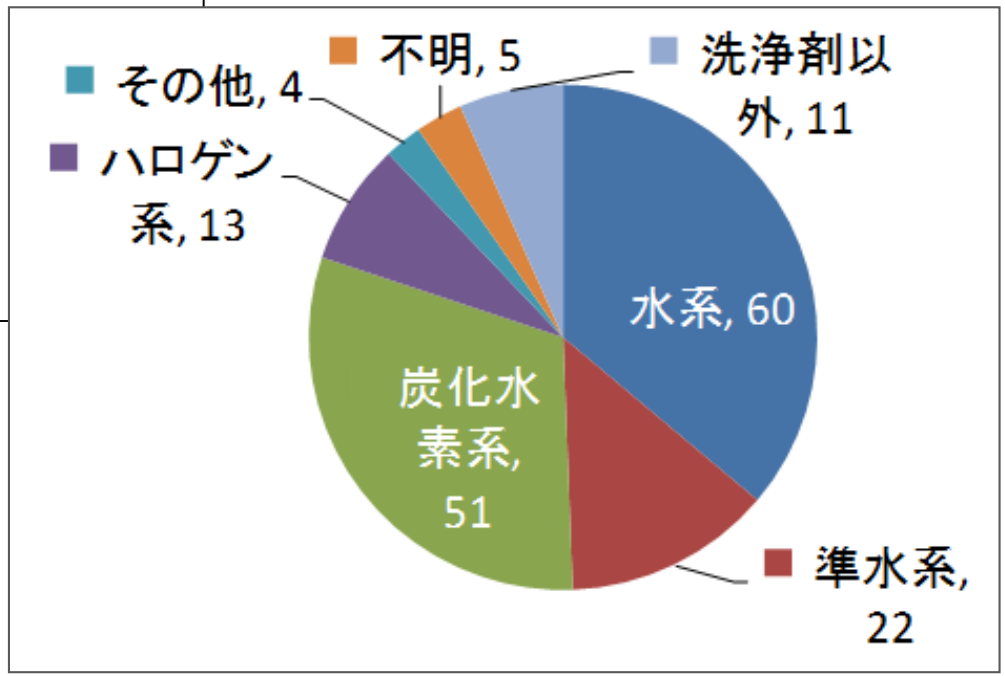
産業洗浄剤のケース



塩素系洗浄剤の代替が進んでいる。

→炭化水素系
→水系

塩素系洗浄剤の代替傾向



リスクトレードオフが生じている可能性

塩素系洗浄剤
ジクロロメタン



炭化水素系洗浄剤
n-デカン

- 作業環境：吸入/経口
- 作業環境：爆発/火災
- 近隣住民：吸入/火災
- **広域住民：二次生成物質**
- 全世界：地球温暖化/オゾン層
- 消費者：吸入/経口
- 消費者：事故
- 作業環境：リサイクル/廃棄

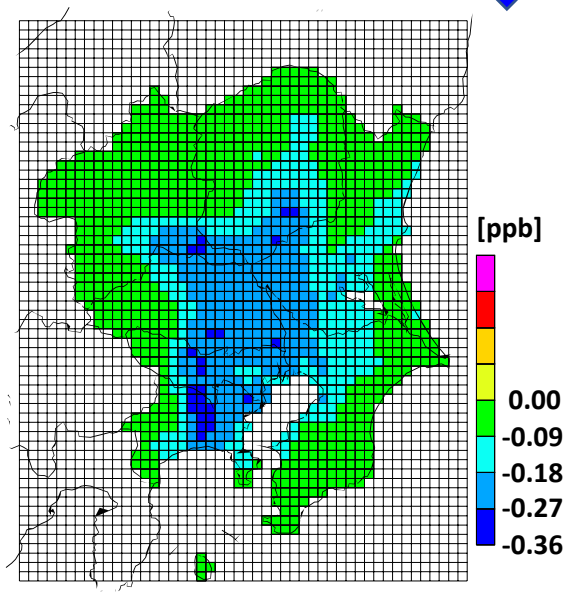
- 作業環境：吸入/経口
- 作業環境：爆発/火災
- 近隣住民：吸入/火災
- **広域住民：二次生成物質**
- 全世界：地球温暖化/オゾン層
- 消費者：吸入/経口
- 消費者：事故
- 作業環境：リサイクル/廃棄

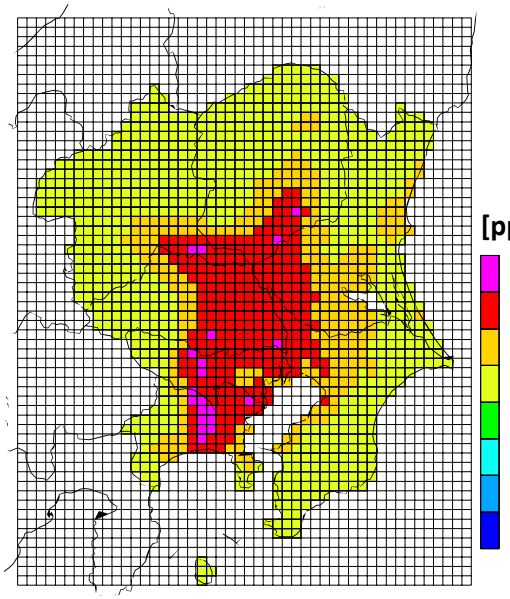
大気中濃度変化の分布推定結果

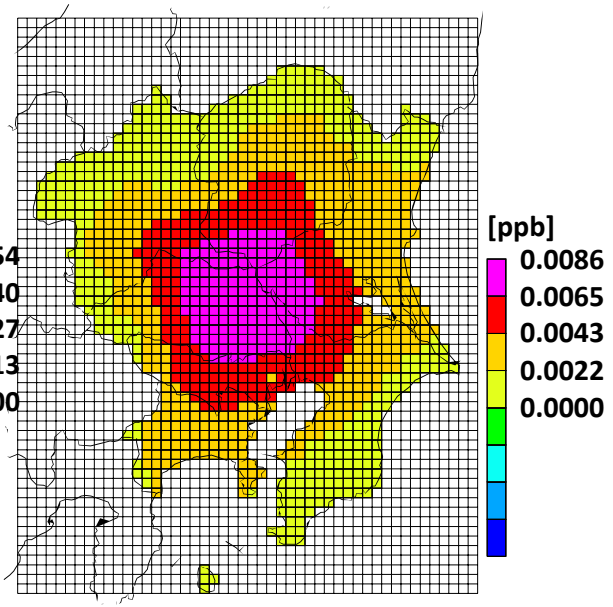
（例：ジクロロメタンからn−デカンへの代替ケース）

ジクロロメタン ↓　n-デカン ↑　オゾン(8時間値) ↑

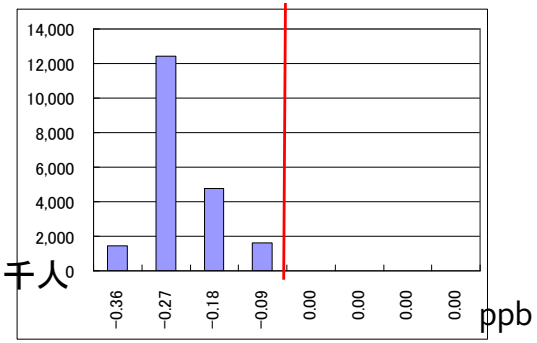
濃度変化量

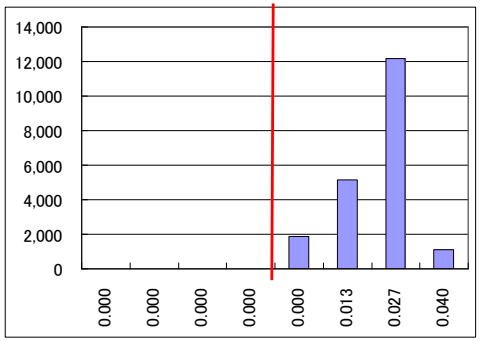


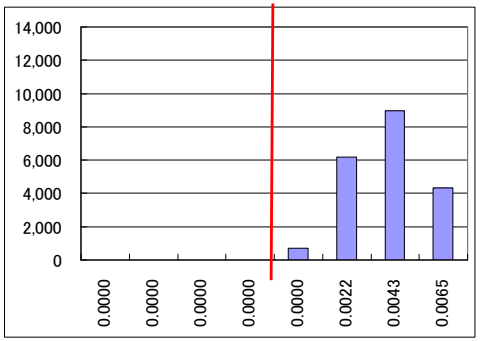




暴露人口変化







■トリクロロエチレンからデカンへの代替ケースでは、オゾン濃度は減少

シロアリ防除剤のケース

問い：シロアリ防除剤クロルデンからクロルピリフォスへの切り替え（1980年代末）を支持するか？

「支持する」「支持しない」「一概に言えない」

シロアリ防除剤クロルデン（有機塩素化合物）
- 有機塩素系の殺虫剤
- 1968年に農薬としての登録は失効
- シロアリ防除剤として使用が急増
- 難分解性、高蓄積性、発がん性
- 1986年に化審法（化学物質審査規制法）により禁止された

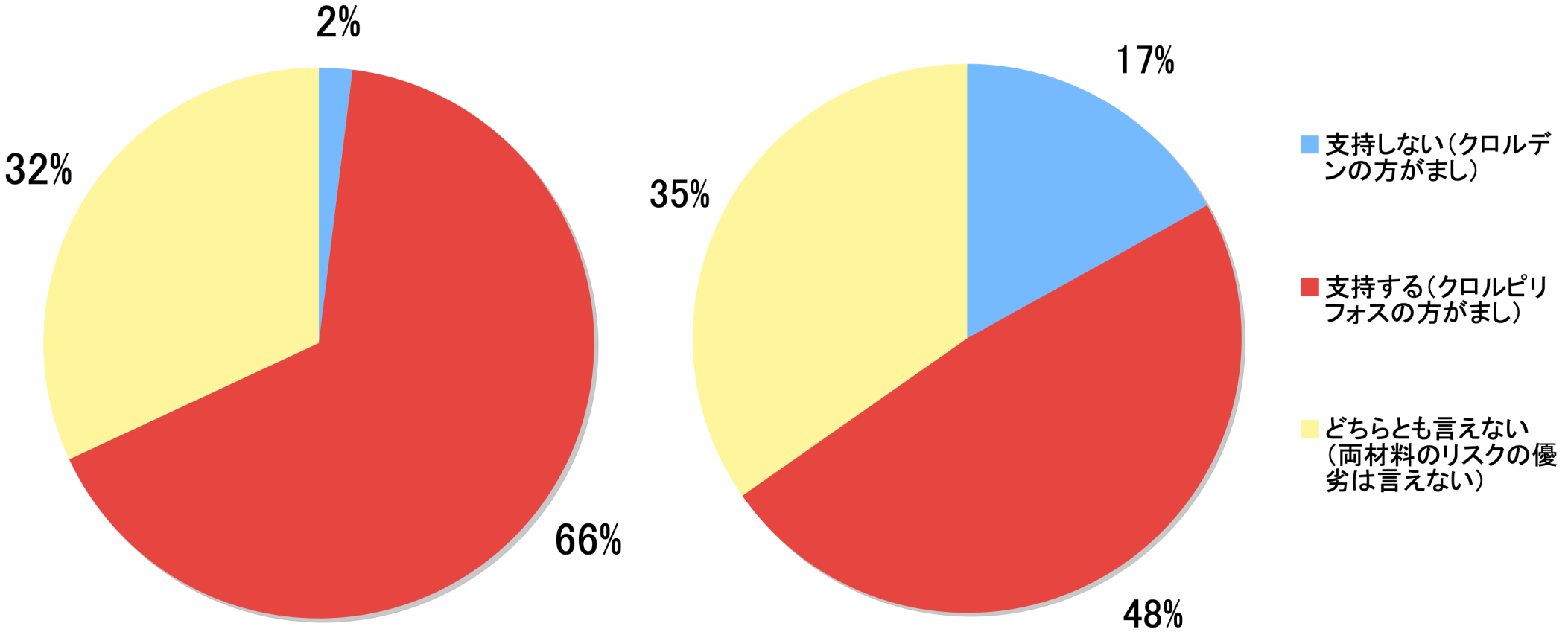
主たる代替物質としてクロルピリフォス（有機りん剤）
- 発がん性は無いか小さい
- 環境残留性は小さい　**（※ 当時の知見）**
- 高い神経毒性
- 高コスト（薬剤、作業者防護、健康管理）

一般的なリスク評価方法での評価

	クロルデン 発がんリスク		クロルピリフォス （神経毒性） ハザード比	
処理家屋の住人	1.7×10^{-4}	×	0.17	○
非処理家屋の住人	1.8×10^{-5}	△	0	◎
防除作業者	4.8×10^{-4}	×	2.4	×

「どちらとも言えない」が案外多い

大学の講義で、クロルデンの禁止を支持するか否かを質問したところ（２年分）



代替を支持する人の言い分

クロルピリフォスのリスク：
- 不確実性係数を考慮．ハザード比＞1でも重大とは言えない
- 作業者の人数は，居住者の人数より少ない
- 作業者は，よりきちんとした対策を講じることが可能．
- 作業者は，リスクの対価を受けている．

クロルデンのリスク：
- 影響を受ける集団の規模が圧倒的に大きい．
- 一般の人はリスクを避けられない．
- 残留性がある．将来への影響．環境への影響
- がんは重要な問題である．
- 処理しない家がリスクを受けるのはおかしい．

コスト：
- リスク削減のためには，ある程度のコストはやむなし．
- 費用vs便益で考えるべき

その他：
- より良い代替物質が望まれる．
- マスクの改良を

クロルピリフォスの方がまし

代替を支持しない人の言い分

クロルデンの方がまし

クロルピリフォスのリスク：
　神経毒性，急性毒性は怖い．直接的だ．
　残留性がないということは，頻度がふえるのでは？
　作業者のリスクが大きすぎる．処理家屋でのメリットを上回る．
クロルデンのリスク：
　発がん要因や発がん自体はありふれており，発がんリスクは必ずしも重要でない
　発がんリスクの大きさは決して大きいものとは言えない．
コスト：
　コストの増加は重要な問題．
その他：
　作業者自身が，クロルデンの方がよかったと言っているらしいので．
　環境放出を減らす工夫を
　発がん性物質をなくすというトレンドは理解できるが．．．

どちらとも言えない人の言い分

比較できない
　どちらもリスクがあるようだが，評価の仕方が違う

リスクの分配が違う
　リスクの分配が違う．総合的に見てリスクが減ったかは曖昧
　一般人のリスクと，作業者のリスクとどちらを重要と見るか

他の要素
　作業者の安全・防護対策はコストなど経済性との兼ね合いになる
　コストがかかると他の問題も出てくる

どっちもどっち
　クロルピリフォスのリスク（作業者）は依然高い
　どちらも禁止すべきだ
　がんは，自然に起こる病気であり，クロルデンのリスクも
　そんなに大したものではなかったのでは？

評価方法の大きな問題点

発がんと神経毒性とでは方法が違う。
ハザード比（暴露／許容量）はリスクの大きさではない。

ハザード比が１を下回る　＝「リスクの懸念がない」

ハザード比が１を上回る　＝「リスクの懸念が否定できない」
＝何らかの対応が必要

ハザード比　＝　0.1　vs　0.5
？　「リスクの懸念がない」程度を表してる？

？　ハザード比　＝　２
どのくらいの健康影響？

今日の内容

１．リスクとは

２．化学物質のリスク評価（簡単に）

３．化学物質のリスクトレードオフ

４．定量的なリスク評価

５．おわりに

いろいろなリスクの物差し

死亡件数

人々が共通して避けたいと思うもの.

損失余命

寿命の短縮．死ぬかどうかよりも，死が早まる度合いこそが重要と考える.

質調整生存年数

長生きだけでなく，生活の質（QOL：Quality of Life）の向上が重要だと考える.

QOL=0.8の10年は，完全な健康（QOL=1）の8年分

支払意思額

それを避けるのに幾ら払うか→重大さの表現と考える

生命表、平均余命・寿命

「生命表は、ある期間における死亡状況（年齢別死亡率）が今後変化しないと仮定したときに、各年齢の者が1年以内に死亡する確率や平均してあと何年生きられるかという期待値などを死亡率や平均余命などの指標（生命関数）によって表したものである。

特に、0歳の平均余命である「平均寿命」は、死亡状況を集約したものとなっており、保健福祉水準を総合的に示す指標として広く活用されている。」

厚生労働省HP（https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/seimei/list54-57-01.html）より

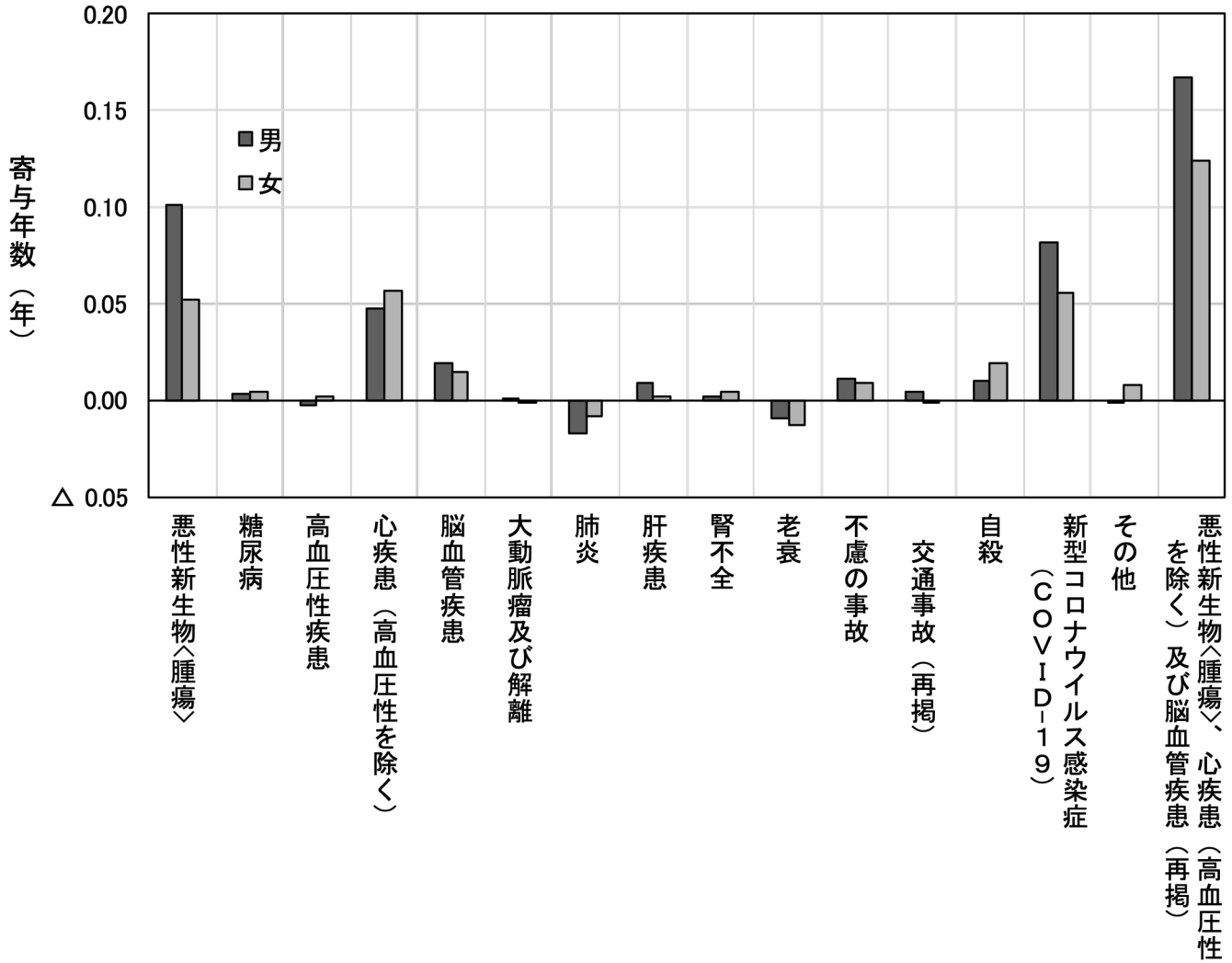
年齢別の平均余命（R7）と平均寿命の推移

年齢	男性	女性
0歳	81.35	87.33
10	71.60	77.56
20	61.72	67.67
30	51.98	57.85
40	42.29	48.05
50	32.82	38.41
60	23.86	29.07
70	15.78	20.10
80	9.10	11.95
90	4.38	5.66

和暦	男性	女性
昭和22年	50.06	53.96
30	63.60	67.75
40	67.74	72.92
50	71.73	76.89
60	74.78	80.48
平成7年	76.38	82.85
17	78.56	85.52
27	80.75	86.99
令和2年	81.56	87.71
令和7年	81.35	87.33

「令和7(2025)年簡易生命表の概況」より
https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life25/index.html

平均寿命の前年との差に対する死因別寄与年数（R7）



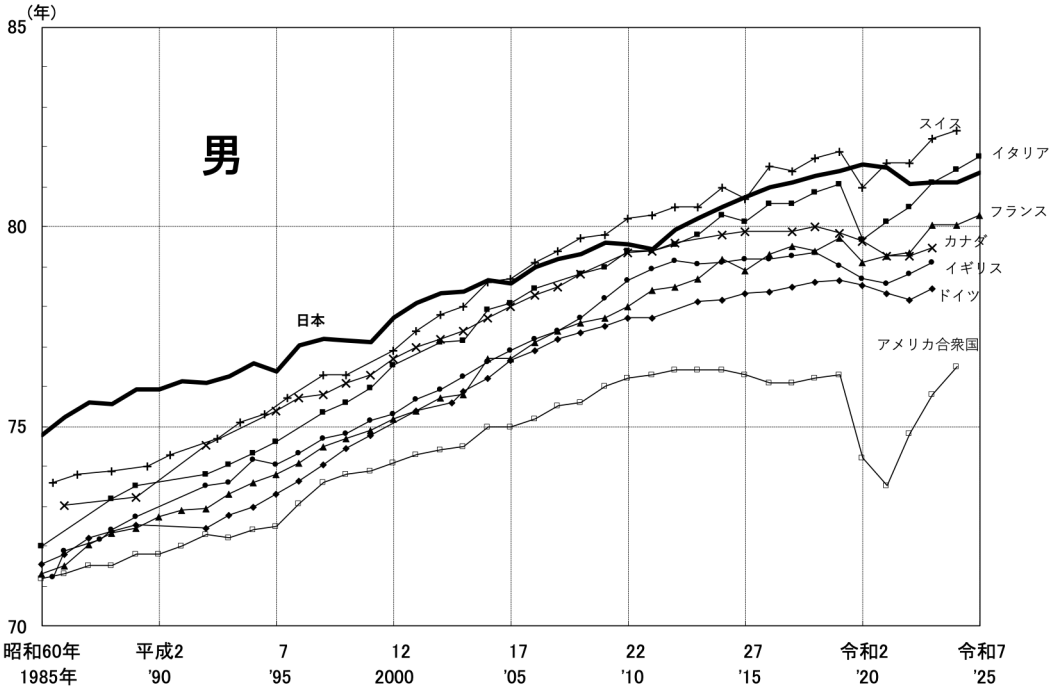
平均寿命の前年との差に対する死因別寄与年数（令和7年）

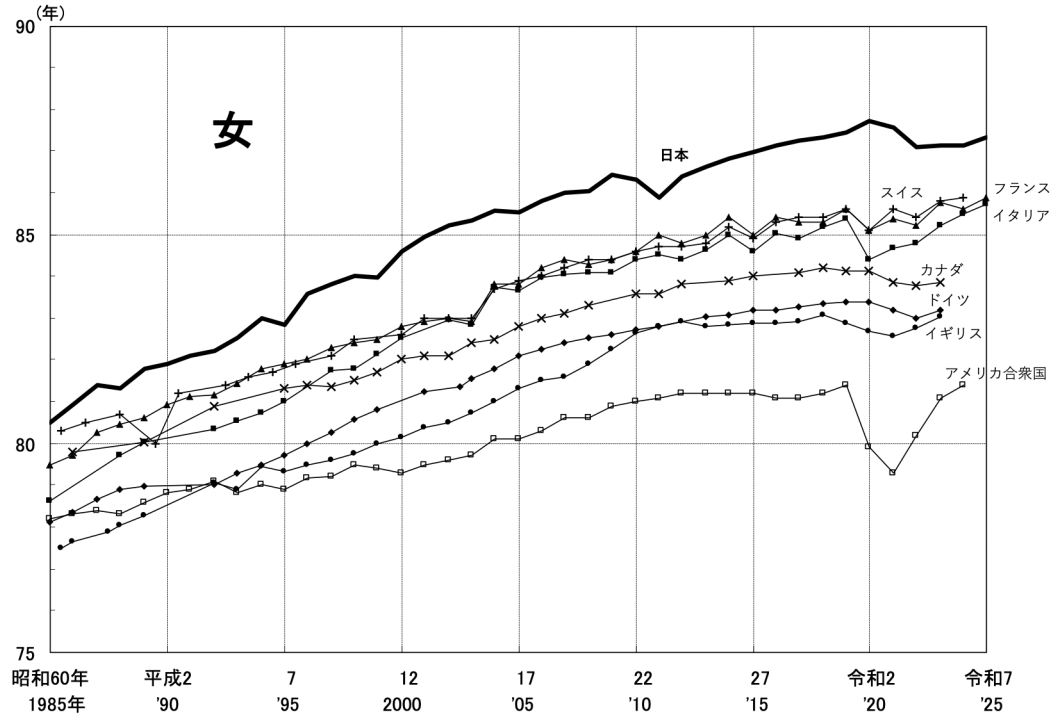
「令和7(2025)年簡易生命表の概況」より
https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life25/index.html

平均寿命の国際比較（5,000万人以上の国）

地域	国	評価年	男性	女性
アフリカ	コンゴ民主共和国	2018	56.5	59.7
	エジプト	2025	69.4	74.4
	南アフリカ	2024	65.08	71.23
北アメリカ	メキシコ	2025	72.6	79.0
	アメリカ合衆国	2024	76.5	81.4
南アメリカ	ブラジル	2024	73.31	79.87
	コロンビア	2022 – 2023	74.48	80.13
アジア	**日本**	**2025**	**81.35**	**87.33**
	バングラデシュ	2020	71.2	74.5
	中国	2020	75.37	80.88
	インド	2019 – 2023	68.5	72.5
	インドネシア	2025	71.32	75.75
	イラン	2016	72.5	75.5
	フィリピン	2020 – 2025	71.26	77.54
	韓国	2024	80.8	86.6
	タイ	2023	71.9	80.0
	トルコ	2023	74.80	79.80
ヨーロッパ	フランス	2025	80.30	85.90
	ドイツ	2022 – 2024	78.47	83.19
	イタリア	2025	81.744	85.729
	ロシア	2023	68.04	78.74
	イギリス	2022 – 2024	79.12	83.02

「令和7(2025)年簡易生命表の概況」よりhttps://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life25/index.html



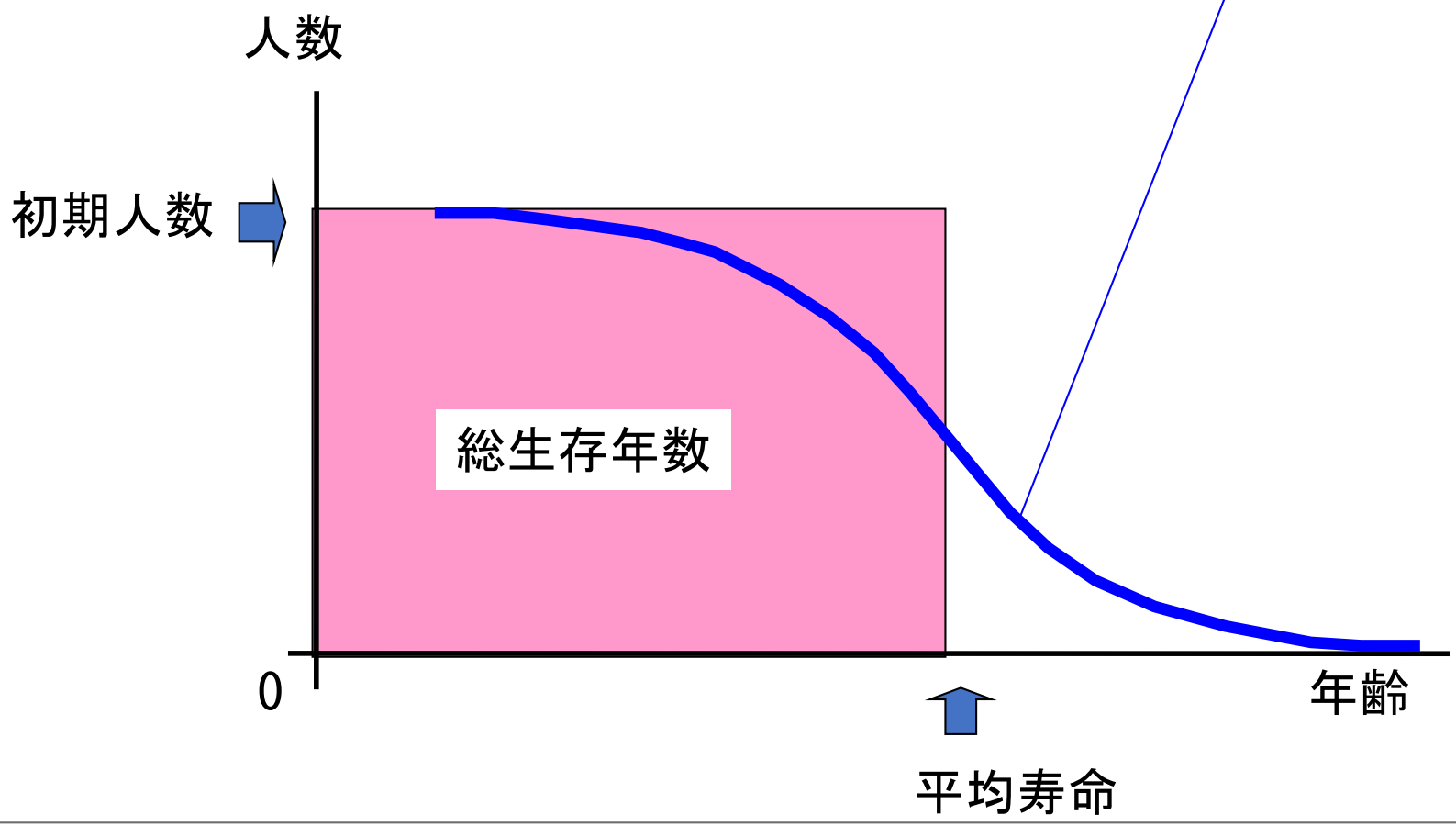


主な国の平均寿命の年次推移 -1985~2025年-

「令和7(2025)年簡易生命表の概況」より
https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life25/index.html

生存曲線と平均寿命

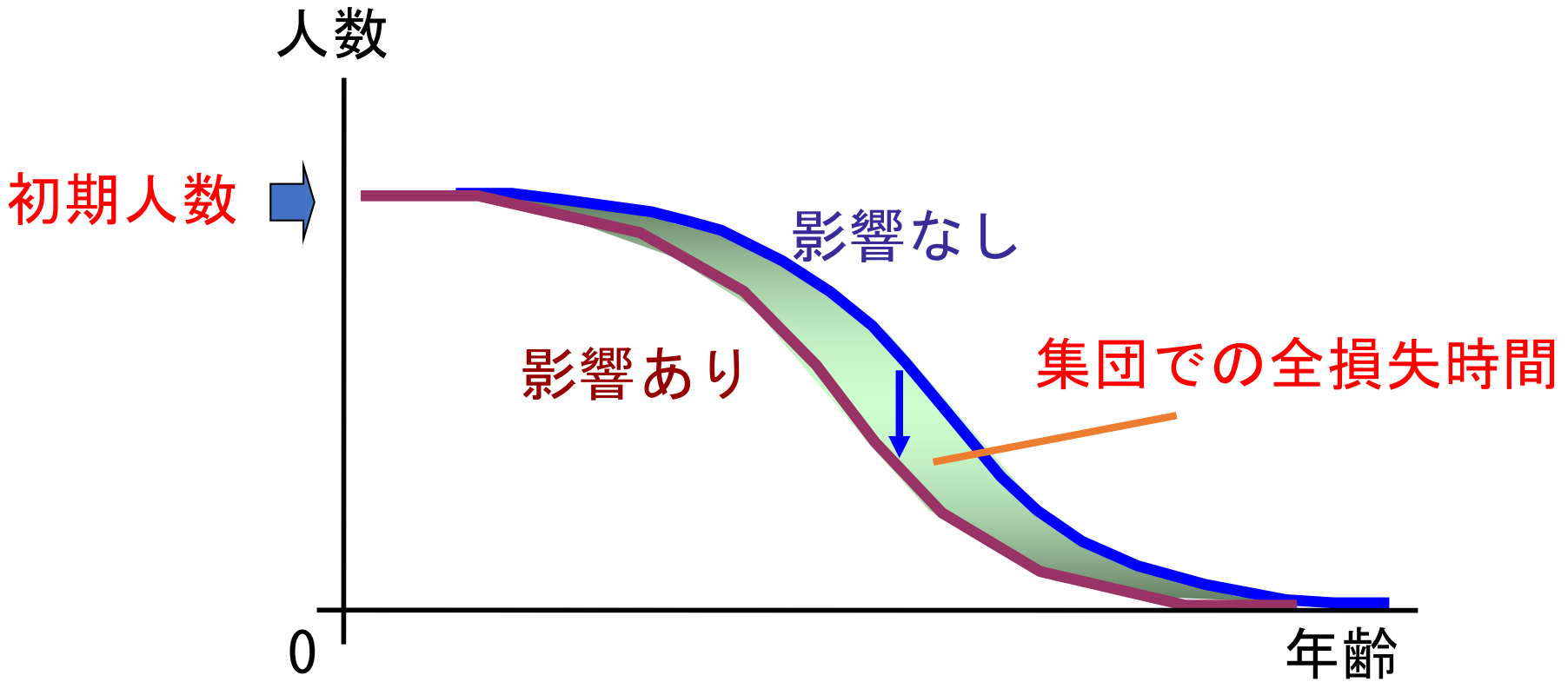
生存曲線は、生命表（年齢別死亡率に基づく）によって計算される。同時に生まれた人からなる集団の人数の減衰



死亡率の上昇と損失余命

損失余命　＝影響の有無での平均寿命の差

　　＝集団での全損失時間／初期人数



死亡率上昇の例

物質非特異的な評価：クロルピリフォスに用いられた

$M/M_0 = \mathrm{Exp}(0.013 \times \mathrm{CMI\ score})$　　Logue et al. (1983)

死亡率の比

ｺｰﾈﾙ・ﾒﾃﾞｨｶﾙ・ｲﾝﾃﾞｯｸｽ：健康状態についての問診票

カドミウムの例（男性）：中川,1999

		相対死亡率	（95%信頼区間）
年齢	（10歳加齢ごと）	3.11	（2.81-3.44）
尿中Cd濃度（μg/g creatinine）			
10-	（対10以下）	1.37	（1.08-1.74）
5.0-9.9	（対5.0以下）	1.14	（0.94-1.39）
10-	（対5.0以下）	1.45	（1.12-1.87）

損失余命の例

10^{-5}の生涯発がん確率
＝約１時間（約0.04日）の損失余命

健康状態	相対死亡率	損失余命 LLE（年）
重度の障害：日常生活が不可	3.67	14.3
軽度の障害：日常生活が困難	1.81	6.24
慢性の病態：複数の慢性疾患	1.37	3.27
慢性の病態：一つの慢性疾患	1.21	2.01
自覚症状：痙攣や疲労など	1.11	1.05
無症状	1.00	0

Berkman and Breslow (1983)　に基づく計算

特定死因を除去した場合の平均余命の延び

	悪性新生物		心疾患（高血圧性を除く）		脳血管疾患		肺炎		悪性新生物心疾患及び脳血管疾患	
	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性
0 歳	3.07	2.66	1.36	1.08	0.64	0.55	0.45	0.30	5.84	4.77
65歳	2.56	1.87	1.06	1.01	0.47	0.46	0.44	0.30	4.77	3.77
75歳	1.81	1.30	0.86	0.94	0.37	0.41	0.42	0.28	3.60	3.02
90歳	0.53	0.38	0.53	0.64	0.17	0.22	0.29	0.19	1.47	1.42

「令和7(2025)年簡易生命表の概況」より
https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life25/index.html

※　ちなみに、「老衰」については、0.47年（男性0歳）～1.56年（女性90歳）

その他の物差し：死亡件数

「リスクのモノサシ」
（中谷内一也著，NHKブックス，2006年）

標準化されたリスク比較セットの一案

	10万人あたり 年間死亡者概数
ガン	250
自殺	24
交通事故	9
火事	1.7
自然災害	0.1
落雷	0.002

例えば，
アスベストによる中皮腫

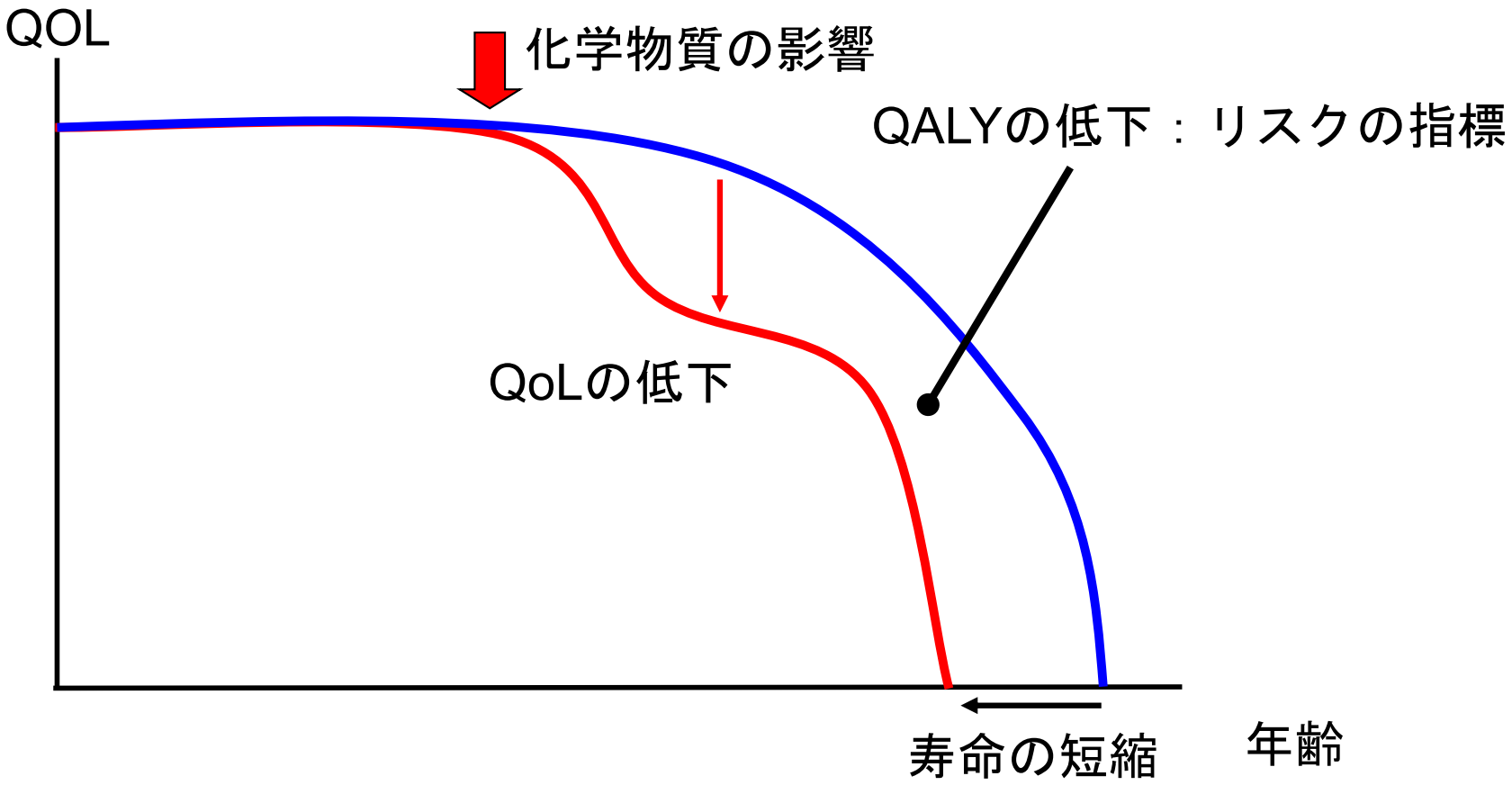
クボタ旧神崎工場
500m内住居歴女性

2004年　全国平均

その他の物差し：QALY（質調整生存年数）

寿命の短縮に加え，生活の質（QOL：Quality of Life）を考慮

QOL=0.8の10年は，完全な健康（QOL=1）の8年分



シロアリ防除剤のケース
損失余命によるリスクの比較

	クロルデン		クロルピリフォス	
処理家屋の住人	1.7	↗	2.8	×
非処理家屋の住人	0.11	↘	0	◎
防除作業者	2.1	↗	31	×

値は，損失余命（日）

- シロアリ防除剤としての使用は、業界の自主規制を経て、2003年の建築基準法改正において禁止された。
- 2025年、POPs条約第12回締約国会議（COP12）において、付属書Ａ（廃絶）に追加された。難分解性、高蓄積性、かつ長期毒性と認定。また、それを受けて、化学物質審査規制法における第一種特定化学物質に指定することとされた。

難燃剤のリスクトレードオフ

- **decaBDE**（デカブロモジフェニルエーテル）が、一部、**BDP**（ビスフェノールA-ビス-ジフェニルホスフェート）（不純物として**TPP**（トリフェニル ホスフェート）を含む）に代替されたシナリオ／されないシナリオ
- 各物質の需要量、市中ストック量、廃棄量の評価からなるマテリアルフロー解析を行い、その上で、各物質の室内空気、環境、食品を経由した暴露量を推定。肝臓影響と腎臓影響のQALYを算出
- リスクは極めて小さく、リスク削減効果からの代替の適切性は主張できず。推定の不確実性から、そもそもリスク低減したかは判断できず。

QALY（日） 生涯一人あたり	代替あり（現状の状況） ３物質の合計	代替なし（架空の状況） decaDBEのみ
肝臓影響	<< 0.001（2.8×10^{-57}）	<< 0.001（9.5×10^{-57}）
腎臓影響	<< 0.001（1.4×10^{-140}）	<< 0.001（8.8×10^{-137}）
合計	<< 0.001（2.8×10^{-57}）	<< 0.001（9.4×10^{-57}）

リスクトレードオフ評価書 プラスチック添加剤−難燃剤−, 産総研安全科学研究部門web, (2012)

環境汚染物質のリスクランキング

	損失余命（日）
喫煙（全死因）	＞1000
喫煙（肺がん）	370
受動喫煙（虚血性心疾患）	120
ディーゼル粒子（上限値）	58
ディーゼル粒子	14
受動喫煙（肺がん）	12
ラドン	9.9
ホルムアルデヒド	4.1
ダイオキシン類	1.3
カドミウム	0.87
ヒ素	0.62
トルエン	0.31
クロルピリフォス（処理）	0.29
ベンゼン	0.16
メチル水銀	0.12
キシレン	0.075
DDT類	0.016
クロルデン	0.009

推定されたリスクの大きさは、10万倍以上の開きがある。

有機塩素系の殺虫剤は小さなリスクである。

重金属のリスクは比較的大きい。

非発がんのリスクは、発がんのリスクに対して無視できるほど小さいわけではない。

喫煙は、環境汚染物質に比べて圧倒的に大きなリスク因子である。

Gamo et al.(2003)に喫煙に関する概算値を加えたもの

所得水準別のリスク因子

DALY：障害調整生存年数

高所得国
（一人当たり国民総所得10,066 $/y）

リスク因子	DALY（millions）	全体に占める割合（%）
1.喫煙	82	9.9
2.飲酒	53	6.3
3.肥満	52	6.2
4.高血圧	34	4.1
5.高血糖	33	4.0
6.運動不足	20	2.4
7.高コレステロール	18	2.2
8.違法ドラッグ	18	2.1
9.職業リスク	16	1.9
10.野菜・果物不足	14	1.7

低所得国
（一人当たり国民総所得< 825$/y）

リスク因子	DALY（millions）	全体に占める割合（%）
1.子供の低体重	82	9.9
2.安全でない水、衛生	53	6.3
3.安全でない性交渉	52	6.2
4.不十分な授乳	34	4.1
5.固形燃料からの煙	33	4.0
6.ビタミンA欠乏	20	2.4
7.高血圧	18	2.2
8.飲酒	18	2.1
9.高血糖	16	1.9
10.亜鉛欠乏	14	1.7

Global health Risks, WHO (2009)

ダイエットのベネフィット

シナリオ：油脂類のカロリーを半分

前提　身長＝167 cm、体重＝74 kg
30-49歳の基礎代謝率：22.3 kcal/kg体重/日
相対死亡率＝0.1の増加は、損失余命＝1年に相当

油脂類の摂取量：20 g/日
油脂類のカロリー：9 kcal/g
↓半減
削減摂取カロリー：90 kcal/日
↓
削減体重：4 kg　（= 90/22.3)
BMI低下：1.45 (= (74)/(1.67)^2 - (74-4)/(1.67)^2)
↓
相対死亡率低下：0.145　→獲得余命＝1.45年＝528日

魚の消費のリスクーベネフィット解析

Cohen et al. (2005) *Am J Prev Med*

プラス面

冠動脈性心疾患による死亡の減少

脳卒中の発生の減少

DHA摂取による認知発達の上昇

マイナス面

水銀暴露による認知発達の低下

シナリオ	QALY 質調整生存年数による評価
１．妊娠可能年齢の女性が、低水銀の魚へシフト	○
２．妊娠可能年齢の女性が、魚消費を削減	△
３．集団全体が、魚消費を削減	×
４．妊娠可能年齢の女性を除き、魚消費を増加	◎
５．妊娠可能年齢を含め、魚消費を増加	◎

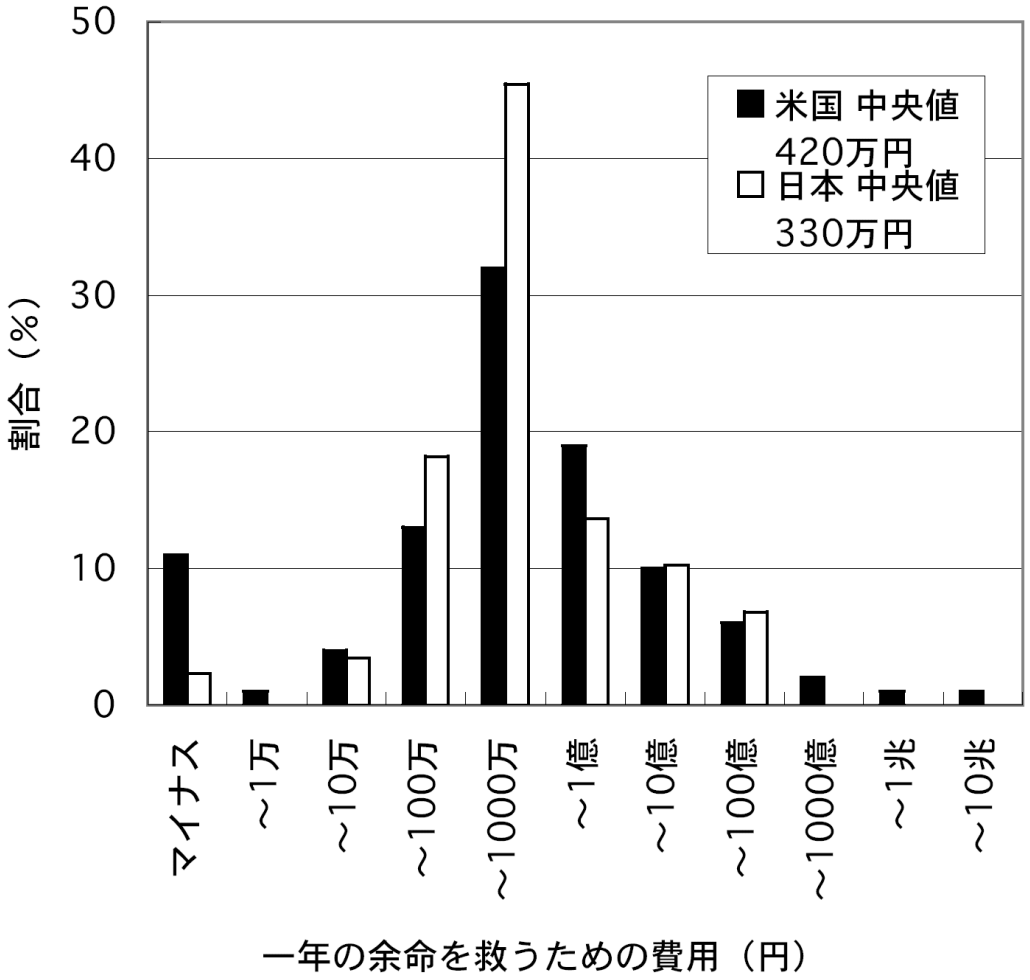
環境リスク対策の費用対効果

過去の評価事例の解析を蓄積することで、対策の「相場」ができてくる。効率の悪い対策には、相応の「説明」が必要。

事例	余命１人１年延長あたりの費用（万円）
シロアリ防除剤クロルデンの禁止	4,500
苛性ソーダ製造での水銀法の禁止	57,000
乾電池の無水銀化	2,200
ガソリン中のベンゼン含有率の規制	23,000
自動車NOx法	8,600
ごみ焼却施設でのダイオキシンの規制（緊急対策）	790
ごみ焼却施設でのダイオキシンの規制（恒久対策）	15,000

岡, 2003

余命１年の救命あたり費用



米国の事例（587件）
Tengs, et al. 1995
日本の事例（94件）
Kishimoto, et al. 2003

マイナスから10兆円まで幅が広い。

医療など直接的に人命を救うものは安く，環境対策は相対的に高価である。

小さいリスクの削減は相対的に高価

対策の費用対効果の重要性

リスク削減には費用がかかる。一方、資源（人、時間、費用、エネルギー）には限りがある。

あるリスクに過剰に対応すると、資源の最適配分が脅かされることになる。

他のリスク対策（事故対策、医療等）がおろそかに
＝リスクトレードオフ

他のリスクとまではいかなくても，他の施策（教育、福祉、文化など）を圧迫する.

今日の内容

１．リスクとは

２．化学物質のリスク評価（簡単に）

３．化学物質のリスクトレードオフ

４．定量的なリスク評価

５．おわりに

おわりに

- 個々の物質の管理という観点であれば、化学物質のリスク評価の方法論は、ほぼ確立していると思われる。（ただし、その確実・効率的な実施には、さらなる科学の進展は必要）

- 一方、現実社会の問題では、物質の代替に代表されるように、トレードオフの視点が重要である。

- 後半で紹介したような定量的なリスク評価の実施は容易ではないが、少なくともトレードオフが生じていないかに想像力を働かせて、可能な限りリスクを量的に捉えるように心がけてほしい。