

第10回 リスク論

関谷 翔 SEKIYA, Sho
sho.sekiya+toho@gmail.com

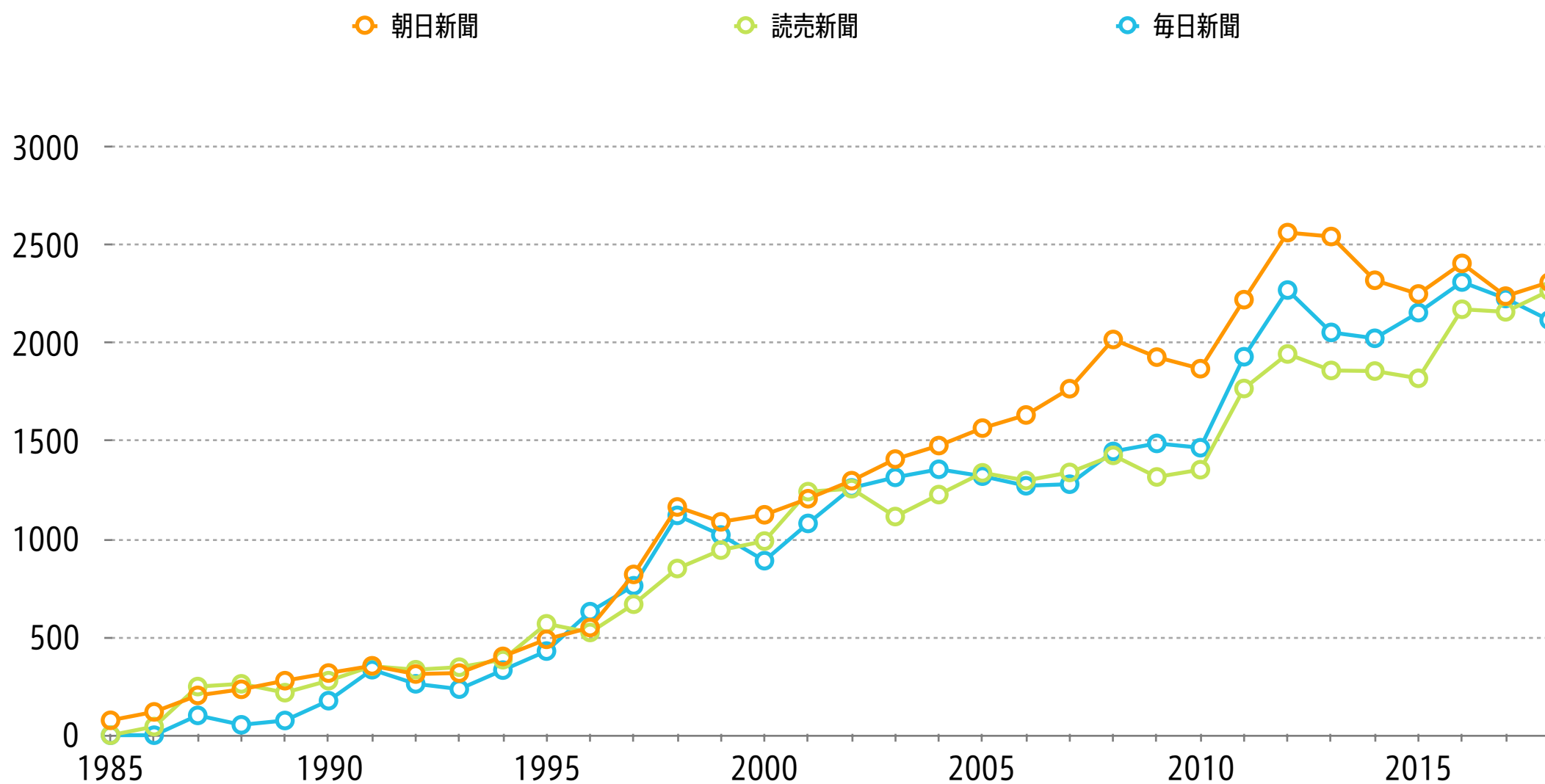
今回の内容

- リスクの定義
- 化学物質の基準値の決め方
- リスク研究の歴史
- リスク認知研究
- リスク分析に関する2つのモデル
 - 技術モデル
 - 民主モデル
- 誰が意思決定をおこなうべきか

リスクの定義

第10回 リスク論

「リスク」が含まれる記事数



【出典】朝日新聞記事データベース聞蔵II, 読売記事検索, 毎日新聞記事データベース毎索より筆者作成

大航海時代の勇気と商売心が「リスク」の語源

- 初期イタリア語 ^{リジカーレ}risicare → フランス語 ^{リ ス ク}risque → 英語 ^{リスク}risk → 日本語 リスク
- 「勇気を持って挑戦する」＝ 船乗りたちが危険を承知の上で、絶壁の間を縫うように進んでいく
- 当時、ヨーロッパの船乗りたちは海にリヴァイアサンと呼ばれる怪物がいると信じていた
- 海上保険という新商売が17世紀末に誕生
- 儲けを出すために、船が沈没してしまう確率などを知り、リスクを正確に把握する必要があった
- 虎穴に入らずんば虎児を得ず vs 君子危うきに近寄らず



【イラスト】阿部真理子さん

不確実性 vs リスク

	確率分布	
リスク	分かっている (経験的、統計的・先験的に)	
不確実性	分かっていない	?

Safety vs Hazard vs Risk

- ISO/IEC Guide 51:1999
- Safety aspects—Guidelines for their inclusion in standards
- **安全とは受容できないリスクがないこと**
- **リスクとは危害 (harm) の発生確率及びその危害の程度の組み合わせ**
- 危害とは人が受ける身体的障害または健康障害、もしくは財産または環境の受ける害
- ハザードとは、危害を引き起こす潜在的要因

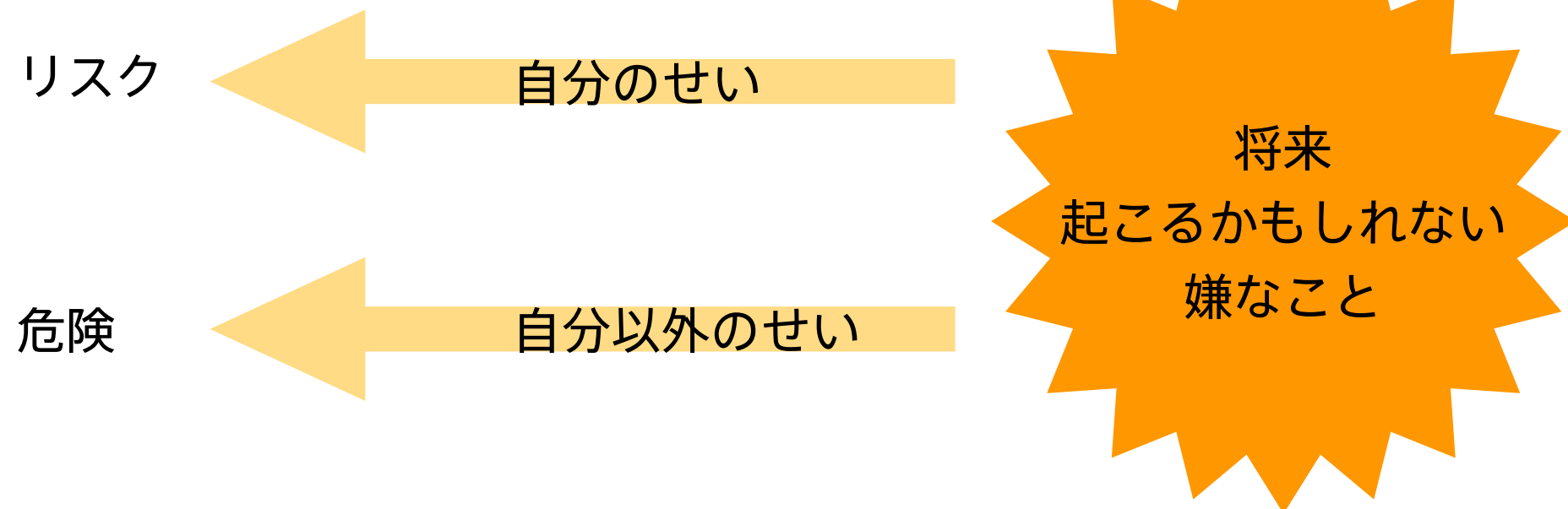
ISO/IEC Guide 73:2002

- Risk management —Vocabulary— Guidelines for use in standards
- **リスクとは、事象の発生確率と事象の結果との組み合わせ**
- 用語「リスク」は、一般に少なくとも好ましくない結果を得る場合にだけ使われる
- 場合によっては、リスクは期待した成果、または事象からの偏差の可能性から生じる
- 安全に関する事項については、ISO/IEC Guide 51:1999を参照せよ

ISO/IEC Guide 73:2009

- Risk management —Vocabulary— Guidelines for use in standards
- **リスクとは、目的に対して不確実性を与える影響**
- 影響とは、期待されていることからの良い方向および／または悪い方向への偏差
- 諸目標は、たとえば財務・安全衛生・環境に関する到達目標などさまざまな側面を持ちうるものであり、戦略・組織全体・プロジェクト・製品・プロセスなど、さまざまなレベルに適用できる
- リスクは起こりうる諸事象、結果、もしくはそれらの組み合わせが諸目標の達成にどのように影響しうるかということと関連づけて特徴づけられることが多い
- 不確実性とは、イベント、その結果及びその見込みに関連する情報の知識や理解が欠落（部分的なものを含む）している状態

危険 vs リスク



(日本のみ?) 安全 vs 安心

- 安全は科学的・客観的に決められるもので、科学者が判断するもの
- 安心は心理的・主観的に決められるもので、情報提供や教育によって向上するもの

数式型のリスクのさまざまな定義

- $\text{リスク} = \text{ハザード} \times \text{確率}$ (理・工学一般?)
- $\text{リスク} = \text{確率}$ (生物学・医学)
- $\text{リスク} = \text{有害性} \times \text{曝露量}$ (化学物質管理分野)
- $\text{リスク} = (\text{自然}) \text{災害} \times \text{脆弱性}$ (災害・防災分野)
- $\text{リスク} = \text{ハザード} + \text{アウトレージ}$ (P. Sandman)

食品のリスク 「なじみがない怖さ」も影響

- 毎年お正月になると、お餅をのどに詰まらせて窒息死してしまうという痛ましいニュースを聞きます。窒息事故を起こしやすい食品（中略）のリスクを先日、食品安全委員会が試算しました。
- 1億人が1口分ずつ食べた場合、窒息死亡事故が発生する頻度（人数）は…

食品	窒息死亡事故リスク
餅	6.8 ～ 7.6
飴類	1.0 ～ 2.7
こんにゃくゼリー	0.16 ～ 0.33
パン	0.11 ～ 0.25
肉類	0.074 ～ 0.15

【出典】関谷 (2010a)



【イラスト】阿部真理子さん

どのように計算されているか

- こんにゃく入りゼリーによって13年間で22人死亡
 $22 \div 13 \div 1.7$ (人/年)
- こんにゃく入りゼリーの生産量から、0.33 g/人/日消費されていると推計
- 1口あたりの摂取量は 14 ~ 29 g
- 1口で 29 g 食べる場合

$$(1.7 \div 365) \div \{(0.33 \div 29) \times (1.25 \times 10^8)\} = 0.33 \times 10^{-8}$$

1日あたりの死亡数	1日あたりの口数	日本の人口	窒息死亡事故リスク
人・年 ⁻¹ ÷ 日・年 ⁻¹	g・人 ⁻¹ ・日 ⁻¹ ÷ g・口 ⁻¹	人	人・口 ⁻¹

化学物質の 基準値の決め方

毒性の種類と基準値の種類

毒性の種類	発がん性	遺伝子損傷	閾値	根拠	
急性	—	—	あり	人間での結果	①
慢性	なし	—		動物での結果	②
	あり	なし			
		あり	なし		③

(亜) 硝酸態窒素…①

■ 急性毒性

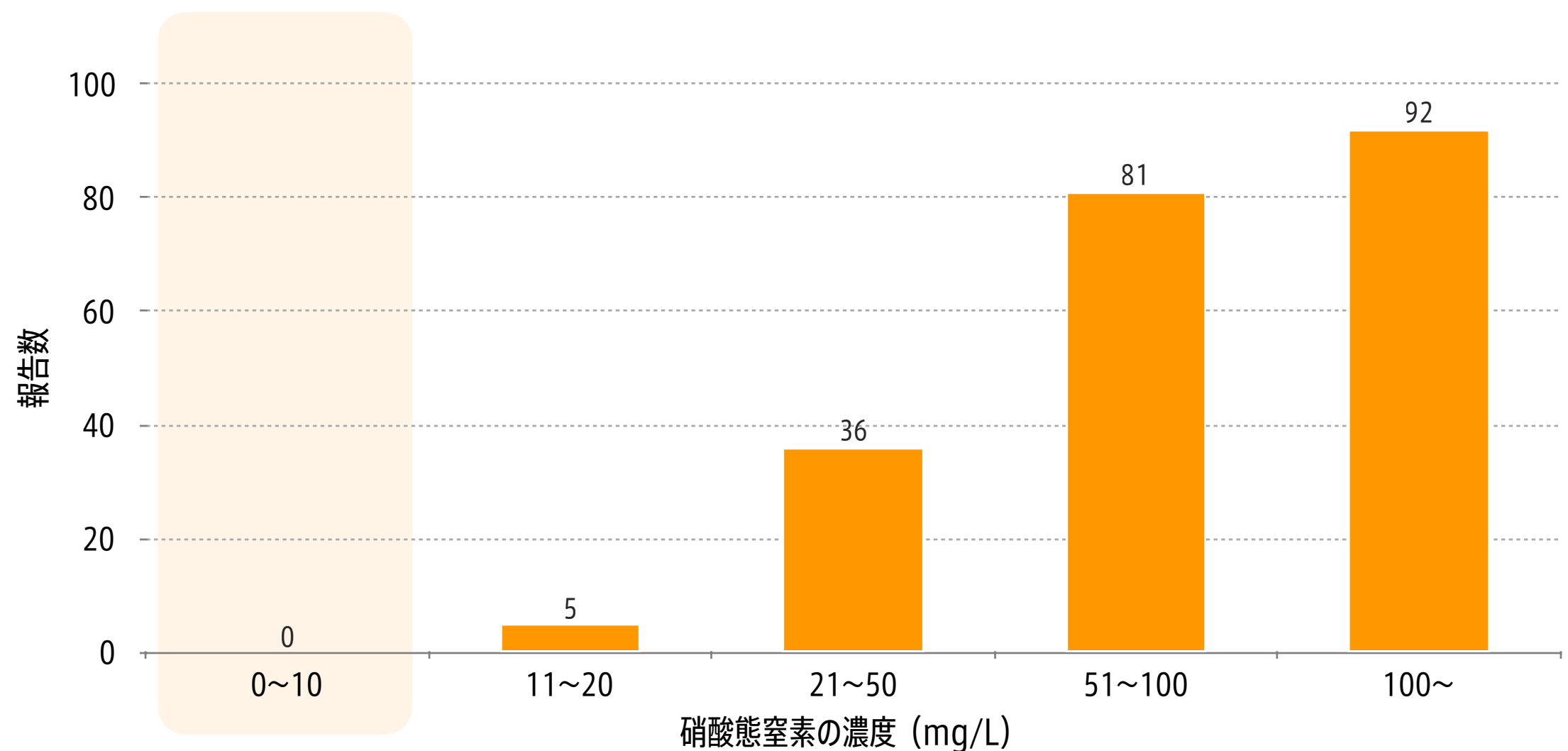
- 乳幼児が短時間に、ある一定量以上の硝酸態窒素および亜硝酸態窒素を接種すると、メトヘモグロビン血症を起こす場合がある

■ 日本での基準値 = 10 mg/L

- 1951年に発表された、飲み水に含まれる硝酸態窒素の濃度と乳児のメトヘモグロビン血症の事例数との関係に関する米国での疫学調査 (Walton 1951)
 - メトヘモグロビン血症の事例は、硝酸態窒素濃度が11 mg/L 以上になると見られるようになり、特に20 mg/L を超過すると多くなる。
 - 10 mg/L 以下の場合には、報告事例はない

第10回 リスク論

乳児メトヘモグロビン血症の 報告数と硝酸態窒素の濃度



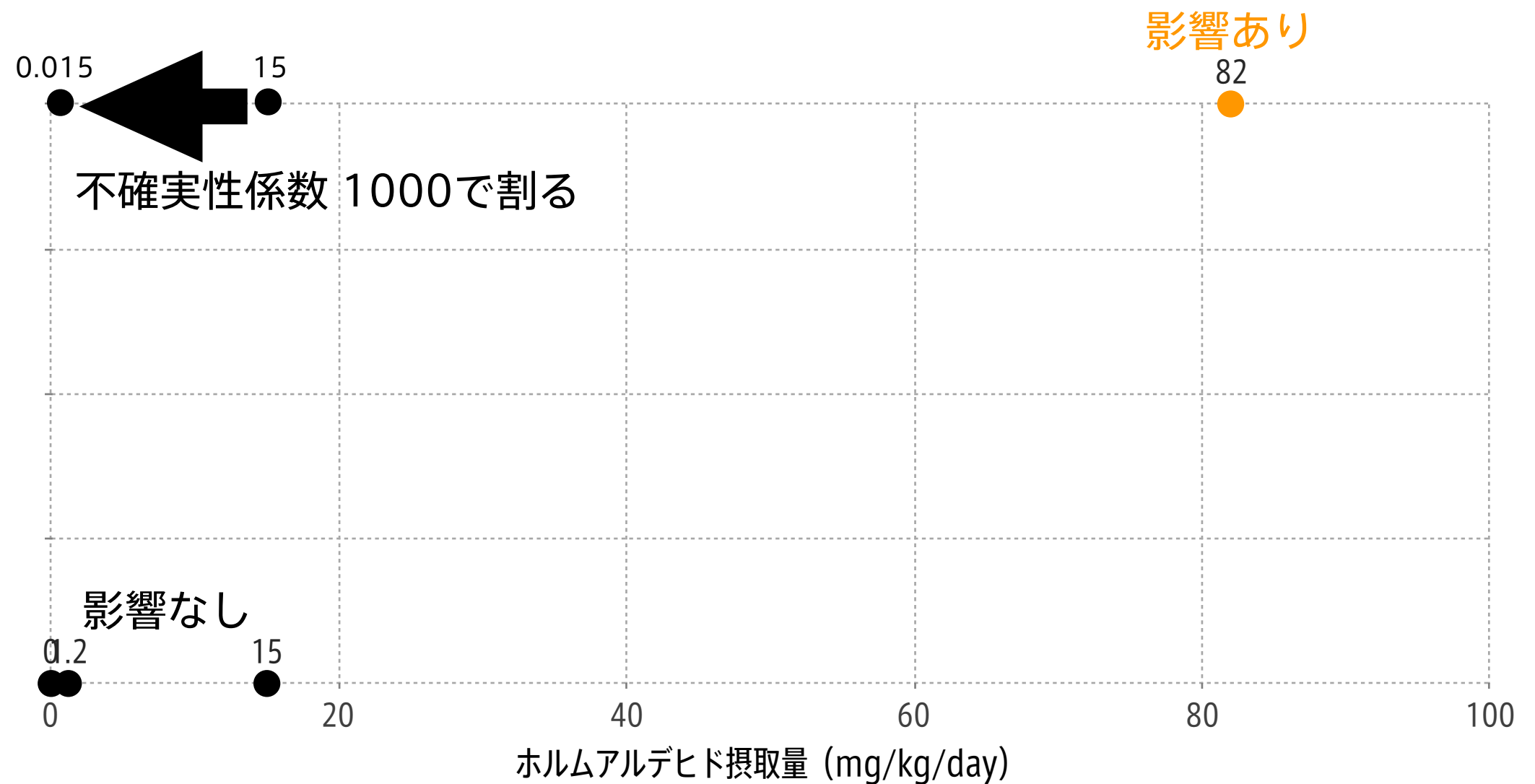
【出典】Walton (1951, 990) を参考に筆者作成

ホルムアルデヒド…②

- 慢性毒性、発がん性あり、遺伝子損傷なし
- 日本での基準値 = 0.08 mg/L
 - 280匹の雄のラットを 4 グループに分け、体重1kgあたりそれぞれ 0 mg、1.2 mg、15 mg、82 mgのホルムアルデヒドを毎日飲み水に混ぜて与えて、2年間継続して観察した。その結果、82 mg群のみ体重減少や胃粘膜壁の異常等が観察された。
 - NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) = 15 mg/kg/day
 - 不確実性係数：種差10倍、個体差10倍、揮発・吸入10倍
→ 0.015 mg/kg/day
 - 水道水由来20% (残りは食品等)、体重50kgの人が1日2L水を飲むとして $0.015 \times 0.20 \times 50 \div 2 = 0.08 \text{ mg/L}$

第10回 リスク論

ホルムアルデヒドの 基準値の決め方



ちなみに…

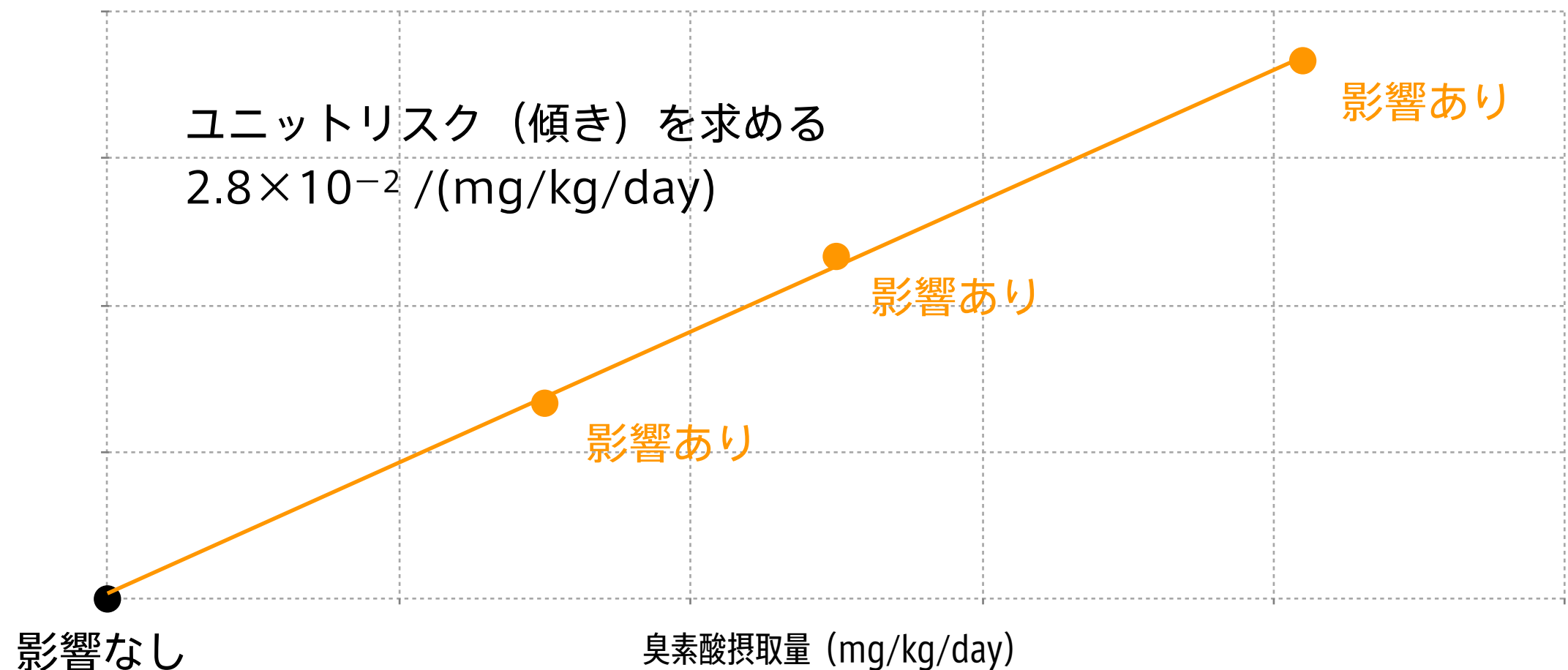
- WHOの飲料水水質ガイドライン（2004）では、揮発・吸入に関する不確実性係数は考慮せず、0.9 mg/L としている
- WHOの飲料水水質ガイドライン（2011）では、ホルムアルデヒドは（よほどの事故等がない限り）飲料水中には健康に問題が生じる濃度よりも十分低い濃度でしか存在しないので、ガイドライン値を設定する必要性が低いとして基準値を設定していない
- 2012年5月、利根川やその支流の浄水場で基準値の2倍超に相当する最大 0.168 mg/Lのホルムアルデヒドが検出され、1都4県で取水停止、千葉では約36万世帯が断水

臭素酸…③

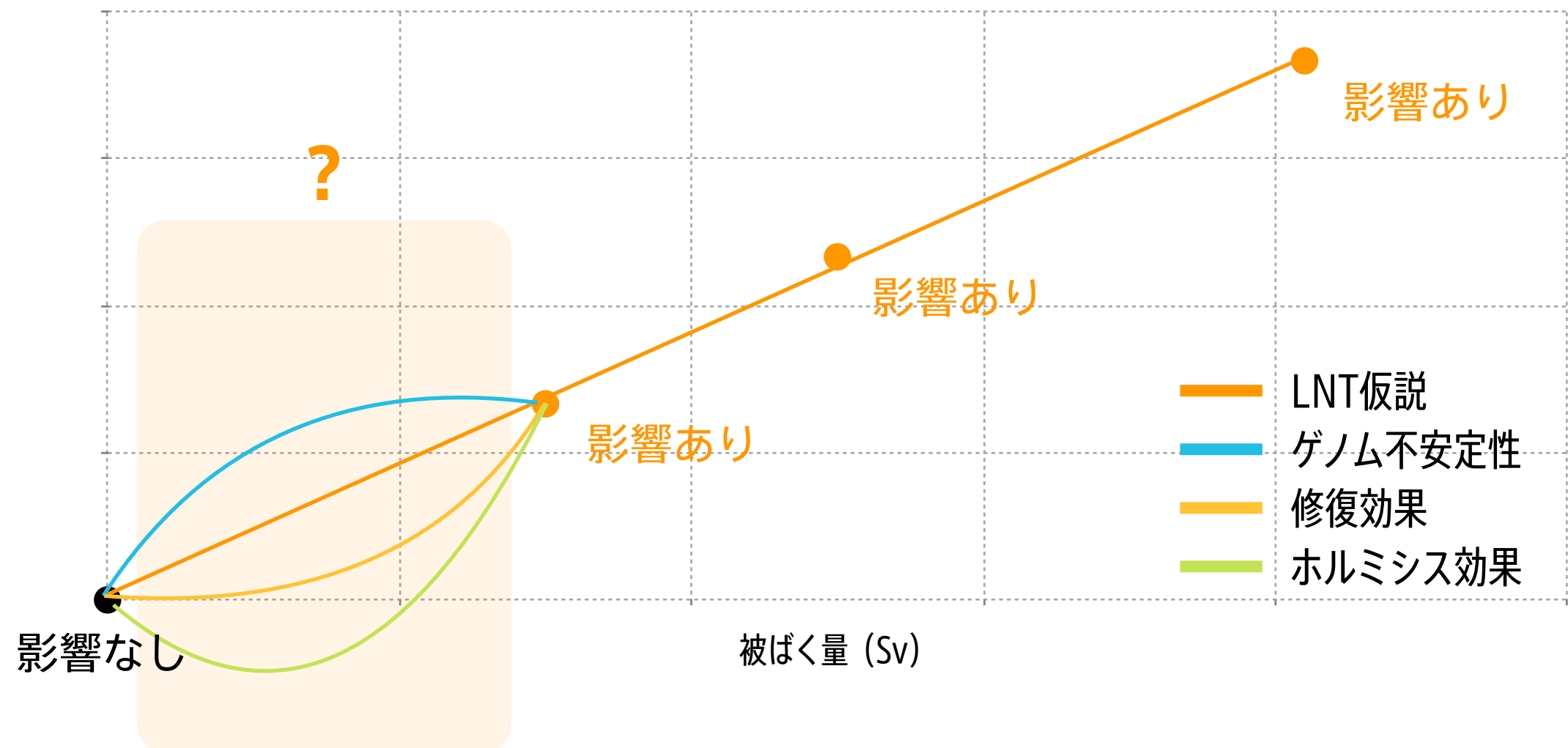
- 慢性毒性、発がん性あり、遺伝子損傷あり
- 日本での基準値 = 0.01 mg/L
 - 発がんリスク 10^{-5} (一生飲み続けたとき、10万人に1人が当該物質が原因でがんになる、 10^{-5} の根拠は米国での食品中の発がん性物質の管理をめぐる議論)
 - 動物実験の結果をもとに、発がんユニットリスク (体重 1 kgあたり 1 mg/dayの用量で一生涯にわたり曝露したときのリスク) を $2.8 \times 10^{-2} /(\text{mg/kg/day})$ と求めた
 - 発がんリスク 10^{-5} に相当する摂取量は
 $1 : 2.8 \times 10^{-2} = x : 10^{-5} \rightarrow x = 3.57 \times 10^{-4} /(\text{mg/kg/day})$
 - 体重50kgの人が 1日2L 水道水を飲むとして
 $3.57 \times 10^{-4} \times 50 \div 2 = 0.0089 \rightarrow 0.01 \text{ mg/L}$

第10回 リスク論

臭素酸の基準値の 決め方のイメージ



低線量被ばくに関する諸仮説



リスク研究の歴史



管理のための数値

- 年貢等、税を取り立てる目的のための数値は遥か昔から存在
- 複式簿記（15世紀？）
- 17世紀頃から統計学（statistics）、保険業
 - ラプラス
 - ケトレー
- 疫学（ジョン・スノウ、19世紀前半）
- 統計学はさらに発展
 - ピアソン、フィッシャー、ネイマン
 - ベイズ
- コンピューターの登場により、扱える数値の量が爆発的に増加

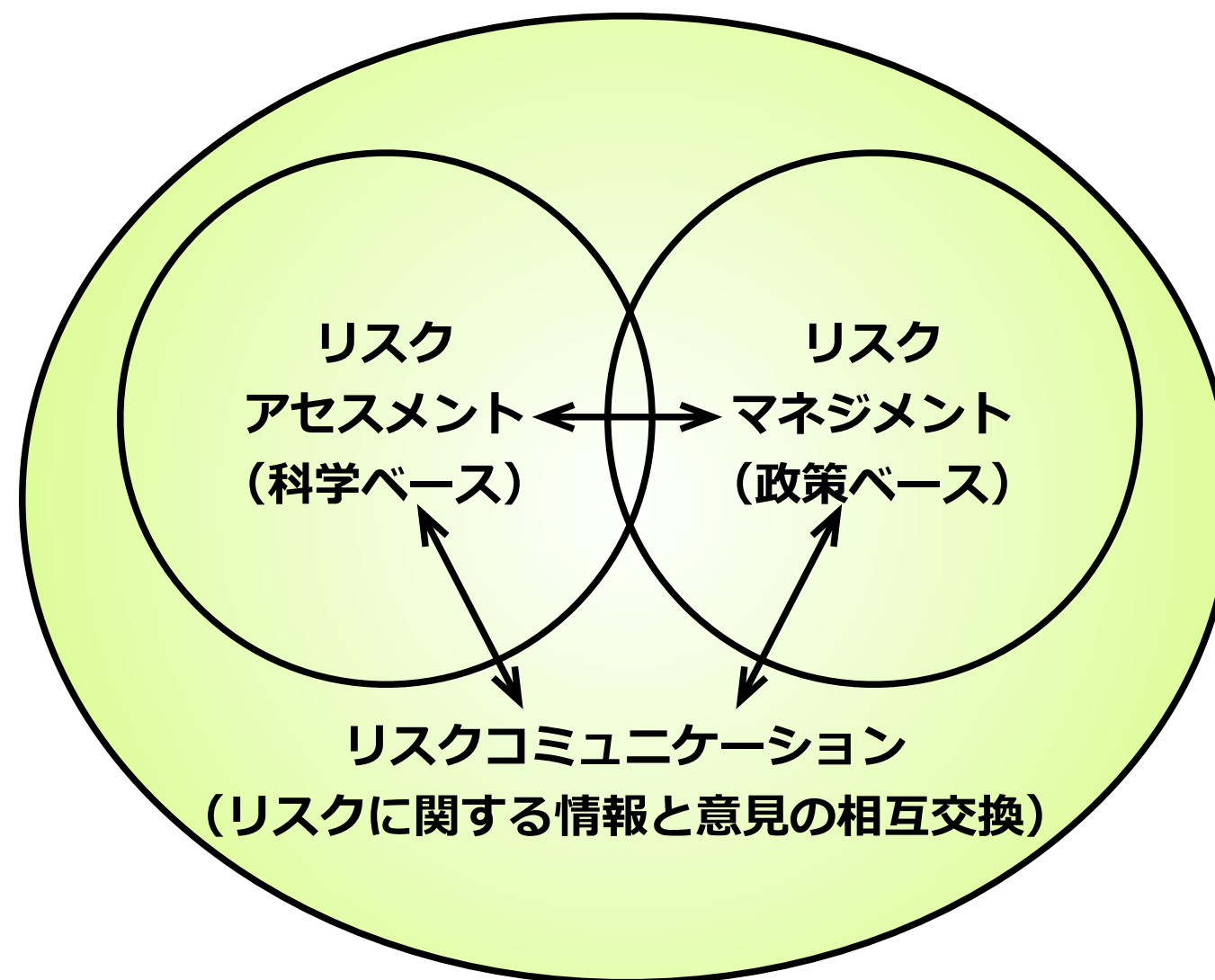
リスク研究の分類

- 保険数理アプローチ
- 毒性学や疫学
- 確率論的リスク分析（狭義のリスク論）
- リスクの経済学
- リスクの心理学
- リスクの社会理論
- リスクの文化理論
- リスクの哲学、倫理学

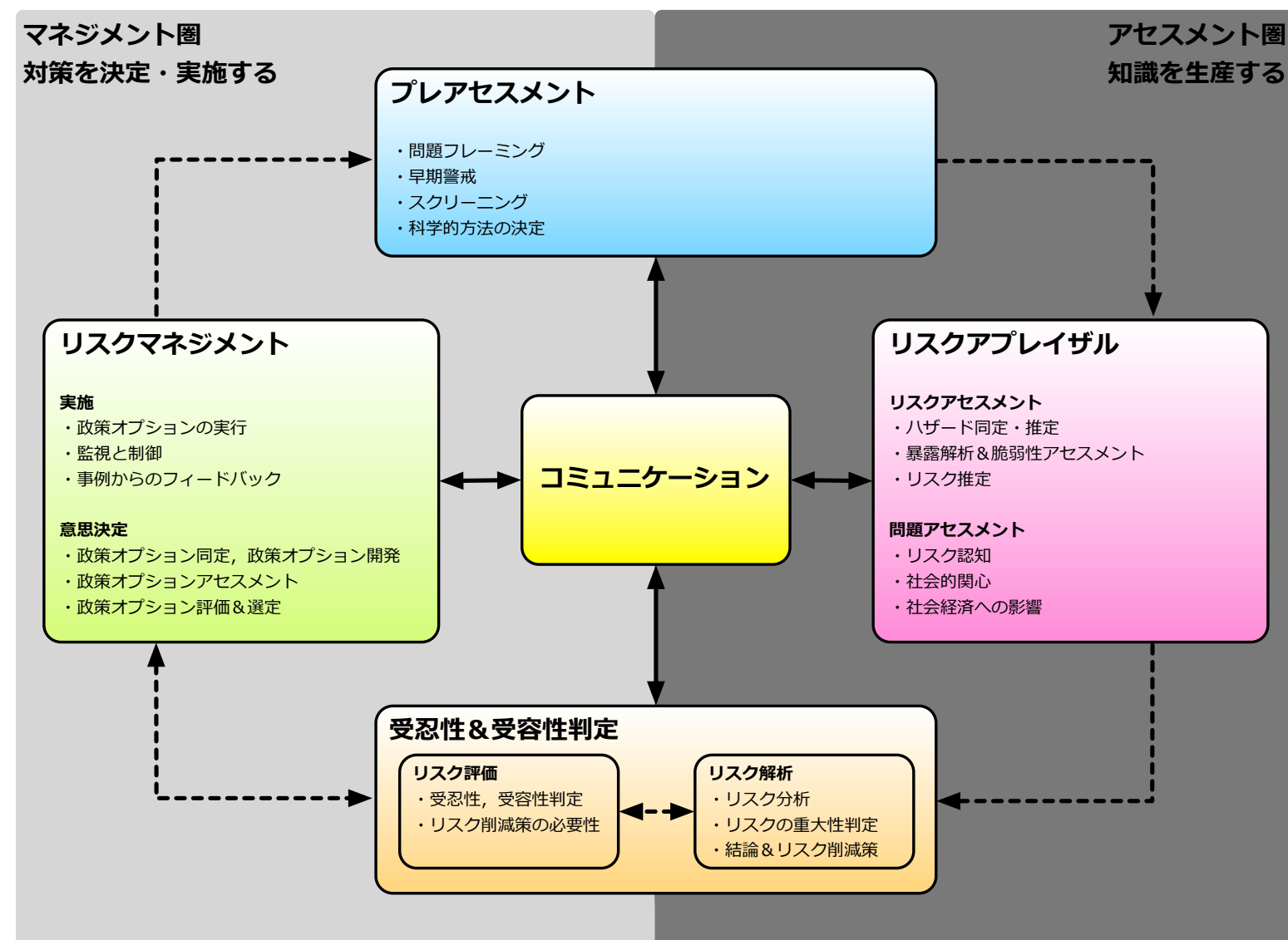
リスク評価関連略史

年	できごと	
1928	国際放射線防護委員会 発足	
1969	国家環境政策法 (NEPA)	
1970s	化学物質に対する規制が進む	
1980	Society for Risk Analysis (SRA) 発足	
1983	Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process	
1988	SRAの一部として日本リスク研究学会が発足	
1989	Improving Risk Communication	
1994	Science and Judgment in Risk Assessment	
1995	『環境リスク論』	
2003	International Risk Governance Council (IRGC) 発足	
2003	食品安全委員会 発足	
2009	Science and Decisions: Advancing Risk Assessment	

リスク分析の枠組み



リスクガバナンスの枠組み



【出典】IRGC (2005) をもとに筆者作成

リスク認知研究

リスク認知研究における 3つのアプローチ

■ 技術論・統計学的アプローチ

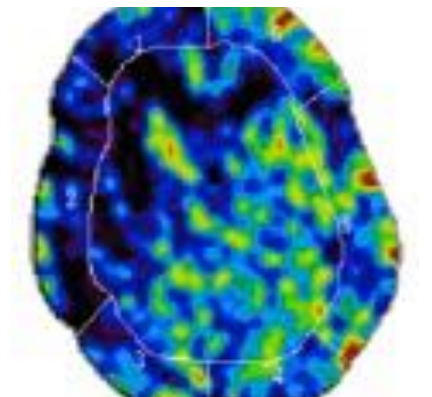
■ Starr (1969), etc.

■ ヒューリスティック研究

■ Tversky and Kahneman (1973), Slovic, Fischhoff, and Lichtenstein (1979), etc.

■ 二重過程理論研究

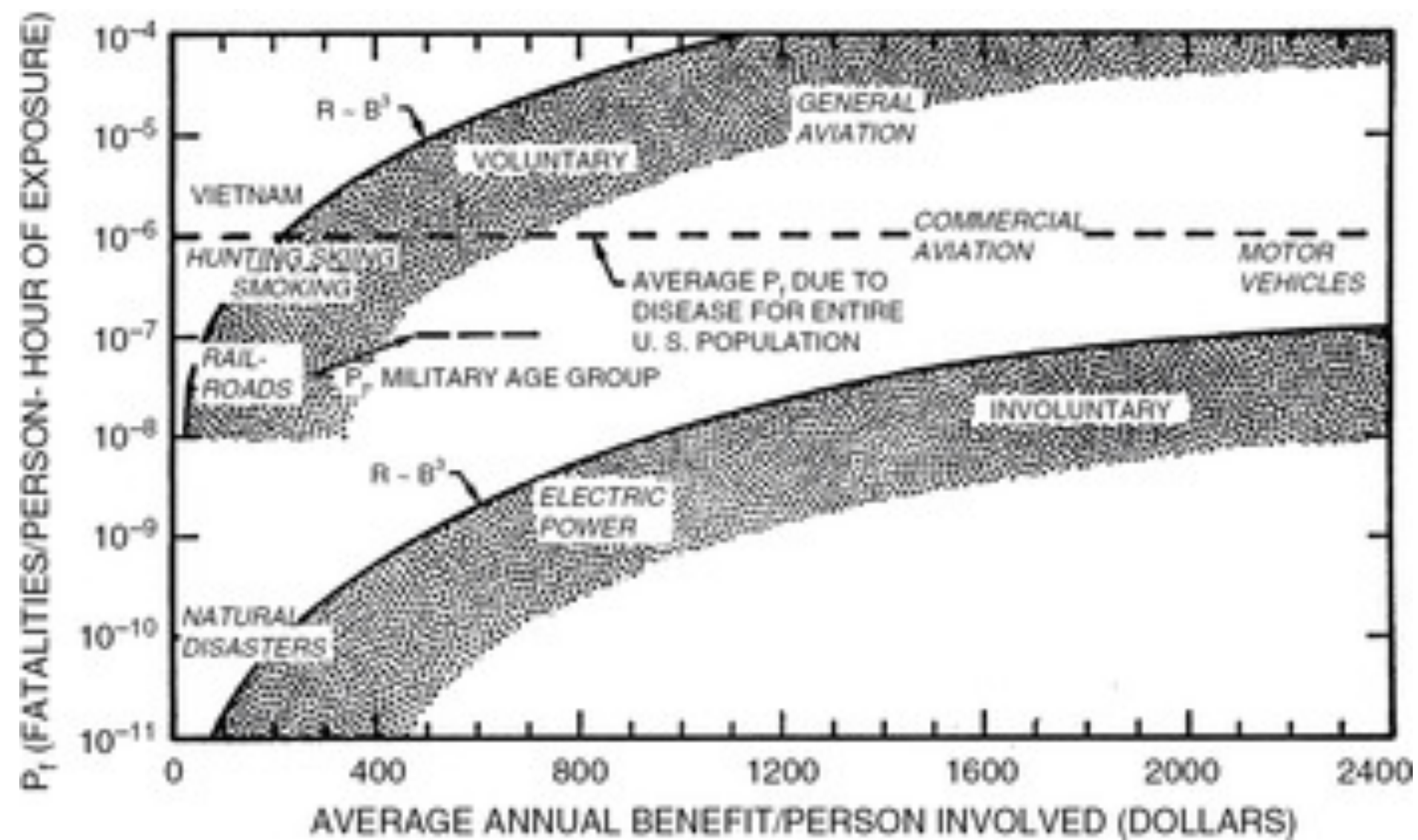
■ Chaiken (1980), Petty and Cacioppo (1981), Fazio (1986), Epstein (1991), Slovic (1996), etc.



技術論・統計学的アプローチ

- 【問い】 新技術開発にあたって、それが「どのくらい安全であれば十分に安全であるか (How safe is safe enough?)」
- 【答え】 現状のリスクよりも低いレベルに新技術のリスクを抑制することができれば、十分に安全である
 - 現状の年間死亡率等の量的基準
 - 当該リスクが自発的なもの (voluntary) であるか、非自発的なものであるか (involuntary) であるかという質的基準
- $\text{リスク} = \text{当該事象の発生確率} \times \text{被害の大きさ}$

リスクとベネフィットの関係



【出典】 Starr (1969, 1234)

ヒューリスティック研究

- 【問い】 発生確率と被害の大きさの積としてのリスクと人々が認知するリスクとの乖離はなぜ生じるのか
- 【答え】 人々はリスクを認知する際に、さまざまなヒューリスティックを用いているから
- 利用可能性ヒューリスティック
 - Tversky and Kahneman (1973)
- 係留・調整ヒューリスティック
 - Strack and Mussweiler (1997)
 - Northcraft and Neale (1987)

ヒューリスティック vs アルゴリズム

アルゴリズム

- コンピュータに計算の手続きを指示するもの。客観的かつ明確であり、どのような場合に何をするかが手落ちなく具体的に指定されている

ヒューリスティック

- 便宜的な発見法的手続き。短時間で、能力を限定的に使うだけで近似的に正しい答えを得られるが、正答から大幅に逸脱する場合もある。
- 語源はエウレカ (εὕρηκα)

利用可能性ヒューリスティック

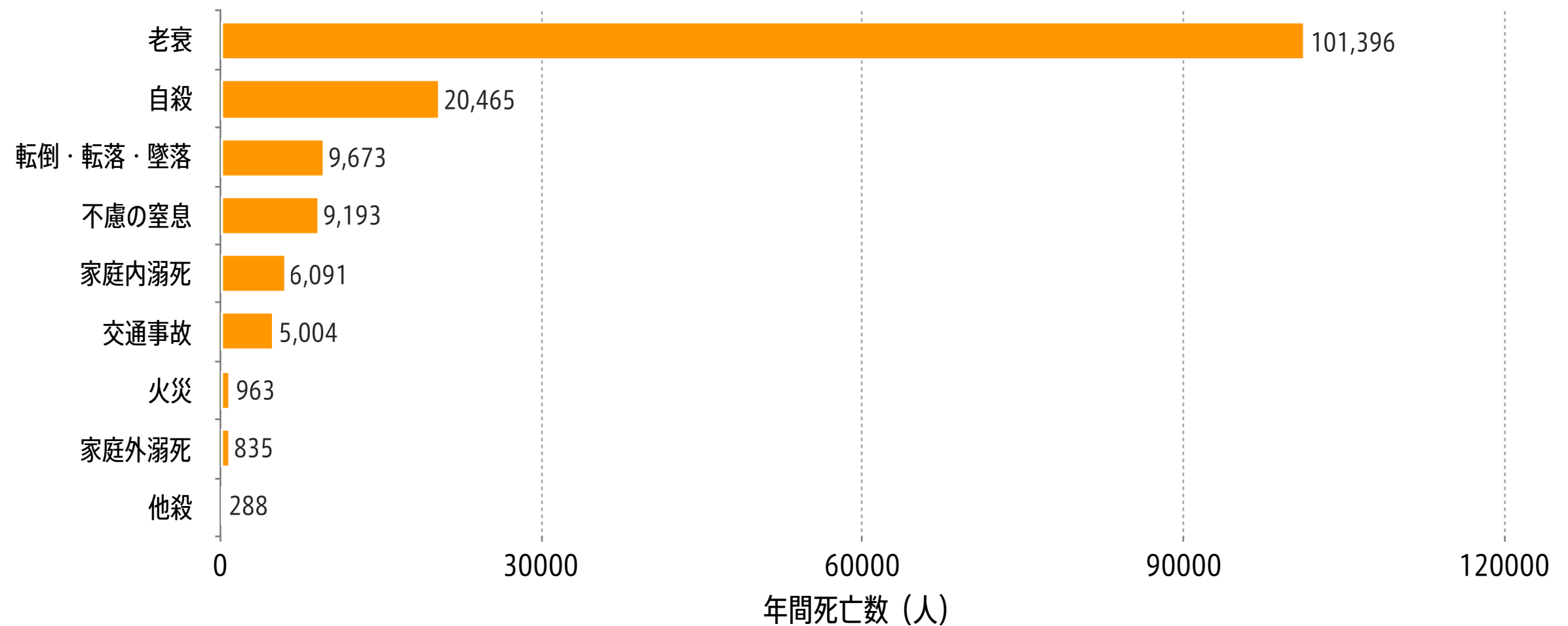
- 【問1】 「? ? ? ? ? n ?」 の形に当てはまる英単語は？
- 【問2】 「? ? ? ? i n g」 の形に当てはまる英単語は？
- 論理的には問1の答えの方が問2の答えよりも多い
- しかし、問1ではすぐに実例を思い出したり思い浮かべたりしにくいので、あまり多くないのではという気になる
- 利用可能性ヒューリスティックを用いているとき、簡単に例が想起しやすい事象ほど、より頻繁に起こっていると判断しやすい

利用可能性ヒューリスティック

■ 次の死因を日本での死者数が多いと思われる順に並べてください

火災	家庭外での溺死	家庭内での溺死
他殺	自殺	交通事故
老衰	家庭内での転倒・転落	不慮の窒息

家庭外溺死 vs 家庭内溺死



【出典】厚生労働省 (2018)

けいりゅう 係留 anchoring

- 数的判断をおこなう場面で、その結果が判断の直前に提示された数字に引きずられる
 - Strack and Mussweiler (1997)
 - ガンジー実験
 - Northcraft and Neale (1987)
 - 不動産査定の専門家である不動産業者でさえも、係留に影響されている

ガンジー実験

- インド独立の父、マハトマ・ガンジーは暗殺されたとき、140歳以下であった。

☒ はい / ☐ いいえ

- では、マハトマ・ガンジーは暗殺されたとき何歳だったと思うか？

ガンジー実験

- インド独立の父、マハトマ・ガンジーは暗殺されたとき、9歳以上であった。

☒ はい / ☐ いいえ

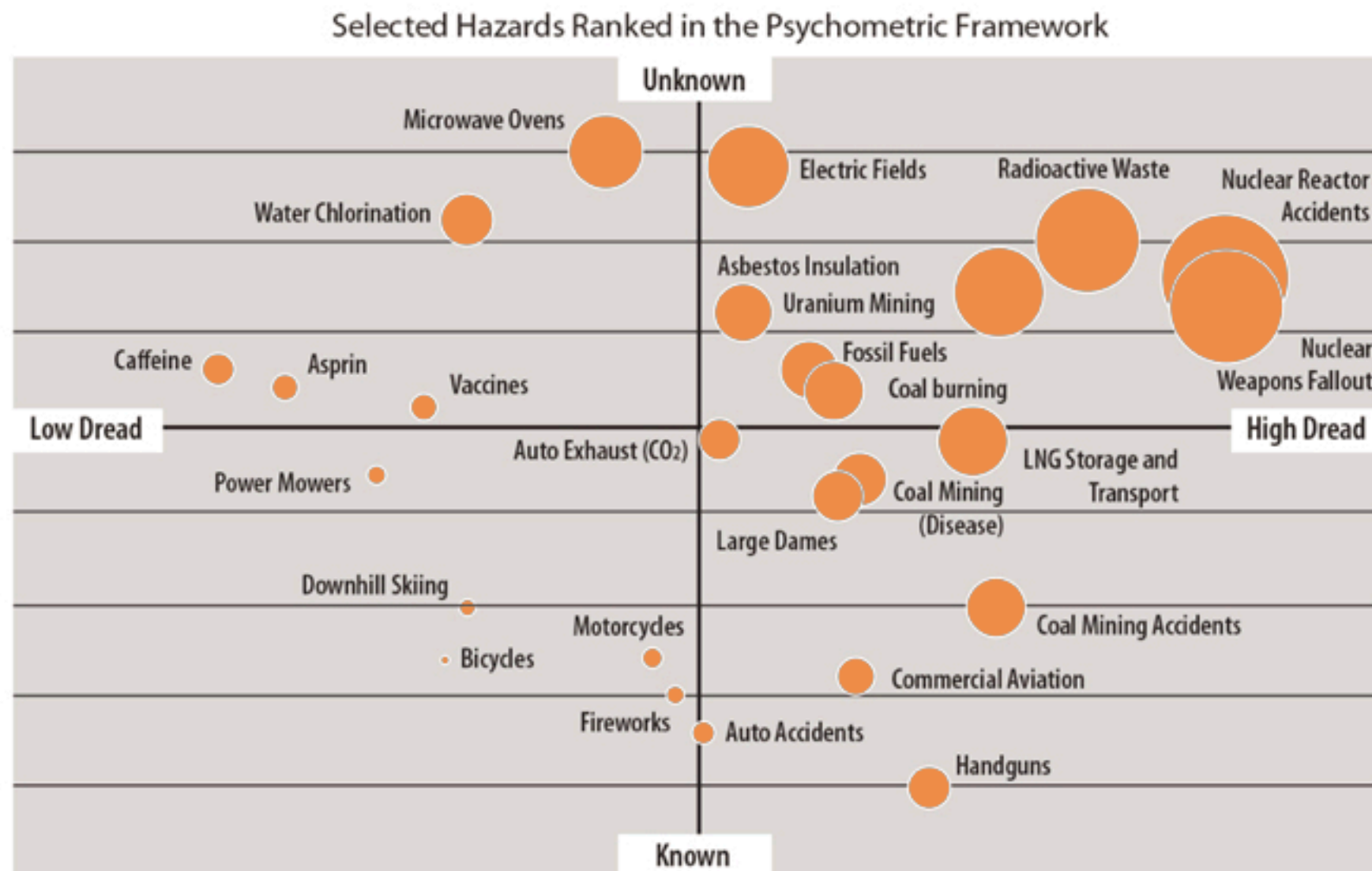
- では、マハトマ・ガンジーは暗殺されたとき何歳だったと思うか？

ガンジー実験の結果

- 140歳バージョンでは回答の平均は67歳
- 9歳バージョンでは回答の平均は50歳

お一人様
5個まで

リスク認知の大きさと未知性・恐怖性



【出典】 Slovic et al. (1987)

二重過程理論

- 人は他者からの意見を聞いて自分の考えを大きく変えたり、あるいは逆に、他人から説得されてもまったく影響を受けなかったりするが、そのような場合に働く情報処理の過程が2種類ある
- ひとつは、判断のための思考量が多く、情報処理のための負荷が高い過程である。問題とすることがらの内容そのものについての情報をしっかり理解し、よく考えた上で判断する過程である
- もうひとつは、判断のための思考量が少なく、情報処理のための負荷が低い過程である。問題には関連するが周辺的である要素に反応し、手早く簡単に判断を下すという過程である。（中谷内 2008）

二重過程理論

- 私たちの脳は、今日私たちが知っているような世界での生活によって形成されたのでは断じてない ... もっぱら旧石器時代の産物である。そして、脳がまさに私たちを今の私たちにしているのだから ... 私たちは原始人なのだ。
- 石器時代の脳は変えられないし、私たちが情報技術を放棄することはないだろうし、恐怖を売り込みたいと思わせる誘引は増えている。／しかし、恐怖の回路を断ち切ることはできないかもしれないが、少なくとも音量を下げることはできる ... 懐疑的になり、情報を集め、その情報について注意深く考え、自分自身のために結論を引き出す必要がある。

システム^{ワン}1 vs システム^{ツー}2

システム1 (腹)

- 直感的、反応が早い、無視しがたい
- 感情、印象、価値観、想像しやすい, etc.
- 大昔からのツール (プリインストールの常駐ソフト)

システム2 (頭)

- 論理的、反応が遅い、無視しやすい
- 死亡者数、被害額、統計、確率、過去のデータ, etc.
- 比較的最近手に入れたツール (最近インストールした)

二重過程理論に対する4つの反応

名前	内容	代表的論者
システム2崇拝	システム1をうまく制御できるように、システム2を強化すべきである	Gardner (2008)
システム1崇拝	緊急時など、システム1の方がうまく働く場面がある	Klein (1998)
ソーシャル・エンジニアリング	システム1の犯す間違いを見越して、社会を作り替える必要がある	Thaler & Sunstein (2008=2009)
感情的合理性	システム1とシステム2は相互作用しあっている	Slovic et al. (2004) 中谷内 (2008)

【出典】 関谷 (2010)

技術モデルと民主モデル

	技術モデル	民主モデル
モデルの性質	エリート主義的	参加型
リスクの定義	ハザードの規模とその発生確率の積（客観的、確率論的、線形、比較可能）	明示的でない（主観的、非確率論的、非線形、比較不可能）
重視されるもの	科学的手法、専門家のリスク認知、リスクの大きさ、問題解決の結果	衡平性、一般大衆のリスク認知、リスクの分布、問題解決の過程
背景となる学問分野	自然科学、統計学、工学、経済学、公衆衛生学	社会学、人類学、政治学、哲学
リスクコミュニケーションの目的	専門家の見解を、明確に、客観的に、説得的に、一般大衆に示すこと	一般大衆のリスク認知を反映し、過程の衡平性を担保すること

【出典】 Fiorino (1989)

リスクコミュニケーションの 発展段階

1. 正しい数値を手に入れる。
2. 人々に数値について話す。
3. その数値が何を意味しているかを説明する。
4. 過去人々が似たようなリスクを受け入れてきたことを示す。
5. 人々にとってリスクを受け入れるだけのメリットがあるものであることを示す。
6. 人々を尊重して接する。
7. 人々をパートナーにする。

誰が意思決定を おこなうべきか？

社会的論争 vs 個人的選択

- 当該のリスクが社会的論争（social debate）となるものなのか、それとも個人的行為（personal action）にとどまるものなのかを区別して検討する必要がある。
- 個人的行為は行為しないこと、消費行動・その他活動・習慣を含めて、個人的選択と呼ぶことにする

リスク	社会的論争	個人的選択
原子力発電所	設置するか 運転するか	近くに住むか 原子力発電による電気を買うか
喫煙	健康増進法	喫煙するか

専門家に任せる？ 非専門家も参加する？

Sunstein (2002)

- 一般大衆はヒューリスティックやシステム・ワンのせいで、合理的な判断に数多く失敗している
- 費用便益分析に基づいて、専門家が行うべきである
- リスクに関して技術論・統計学的アプローチと同様のスタンスをとる

Wynne (1996)

Jasanoff (1997)

- 現実の事例として、専門家のみによる決定でうまく行かなかった例は多数ある
- リスクには様々なフレーミングがあり得るため、技術論・統計学的アプローチは狭量

費用便益分析やリスク便益分析に 潜む緊張関係

- 熟議民主主義 (deliberative democracy) の中で、良い生 (good life) とは何かなどの究極的価値に関する多様性を縮減し、合意・妥協に至るためのツール (Sunstein 2005, 2-3)
- 定量化された情報にばかり注目させられ、何を守りたいのか、どのような社会に生きたいのかなどの議論は排除されてしまう (平川 2003, 118)
- 環境正義、功利主義、max-min原理、etc.

参考文献

- Knight, F. H. 1921. *Risk, Uncertainty and Profit*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Luhmann, N. 1991. *Soziologie des Risikos*. Berlin: de Gruyter.
- Renn, O. 1992. Concepts of Risk: A Classification. In *Social Theories of Risk*, edited by Krimsky, S. and D. Golding. Westport, CT: Praeger.
- WHO. 1995. About Risk Analysis in Food. <http://www.who.int/foodsafety/micro/riskanalysis/en/index.html>
- IRGC. 2005. Risk Governance: Towards an Integrative Approach. http://www.ircg.org/IMG/pdf/IRGC_WP_No_1_Risk_Governance_reprinted_version.pdf
- Fiorino, D. J. 1989. Technical and Democratic Values in Risk Analysis. *Risk Analysis* 9(3): 293—99.
- Fischhoff, B. 1995. Risk Perception and Communication Unplugged: Twenty Years of Process. *Risk Analysis* 15(2): 137–45.
- 関谷翔. 2010a. 「食品のリスク「なじみがない怖さ」も影響」. 朝日中学生ウィークリー, 2010年1月30日号.
- 関谷翔. 2010b. 「大航海時代の勇気と商売心が「リスク」の語源」. 朝日中学生ウィークリー, 2010年2月21日号.
- 関谷翔. 2010c. 「認知科学・脳神経科学がリスク論に与えるインパクト：個人的選択から社会的論争への変換」『脳科学時代の倫理と社会』 pp. 189–213.