

第3回 安全のための基準値は どのように設定されるか

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

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	あり	なし		③

(亜) 硝酸態窒素

■ 急性毒性

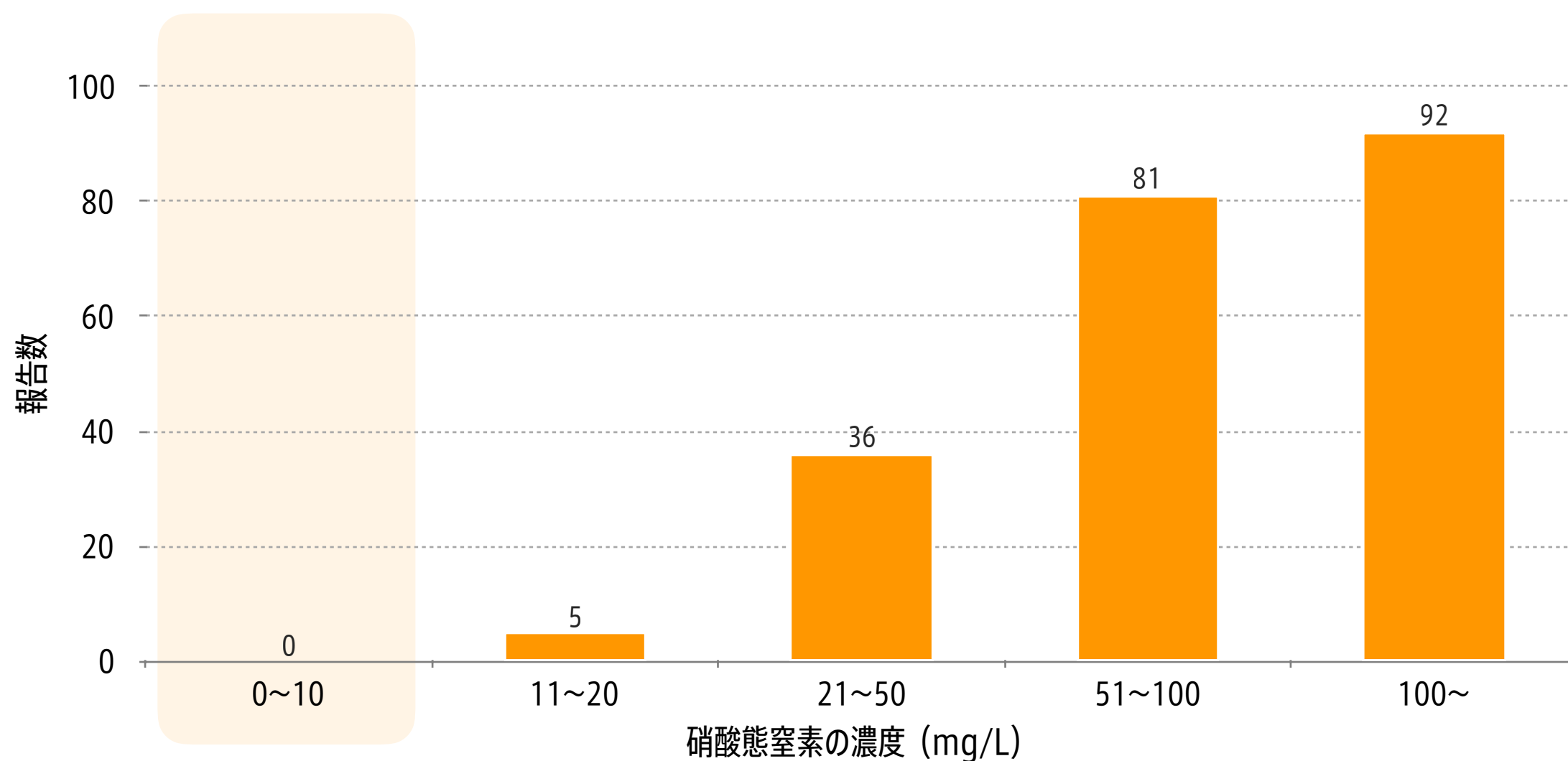
- 乳幼児が短時間に、ある一定量以上の硝酸態窒素および亜硝酸態窒素を接種すると、メトヘモグロビン血症を起こす場合がある

■ 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3回 安全のための基準値はどのように設定されるか

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



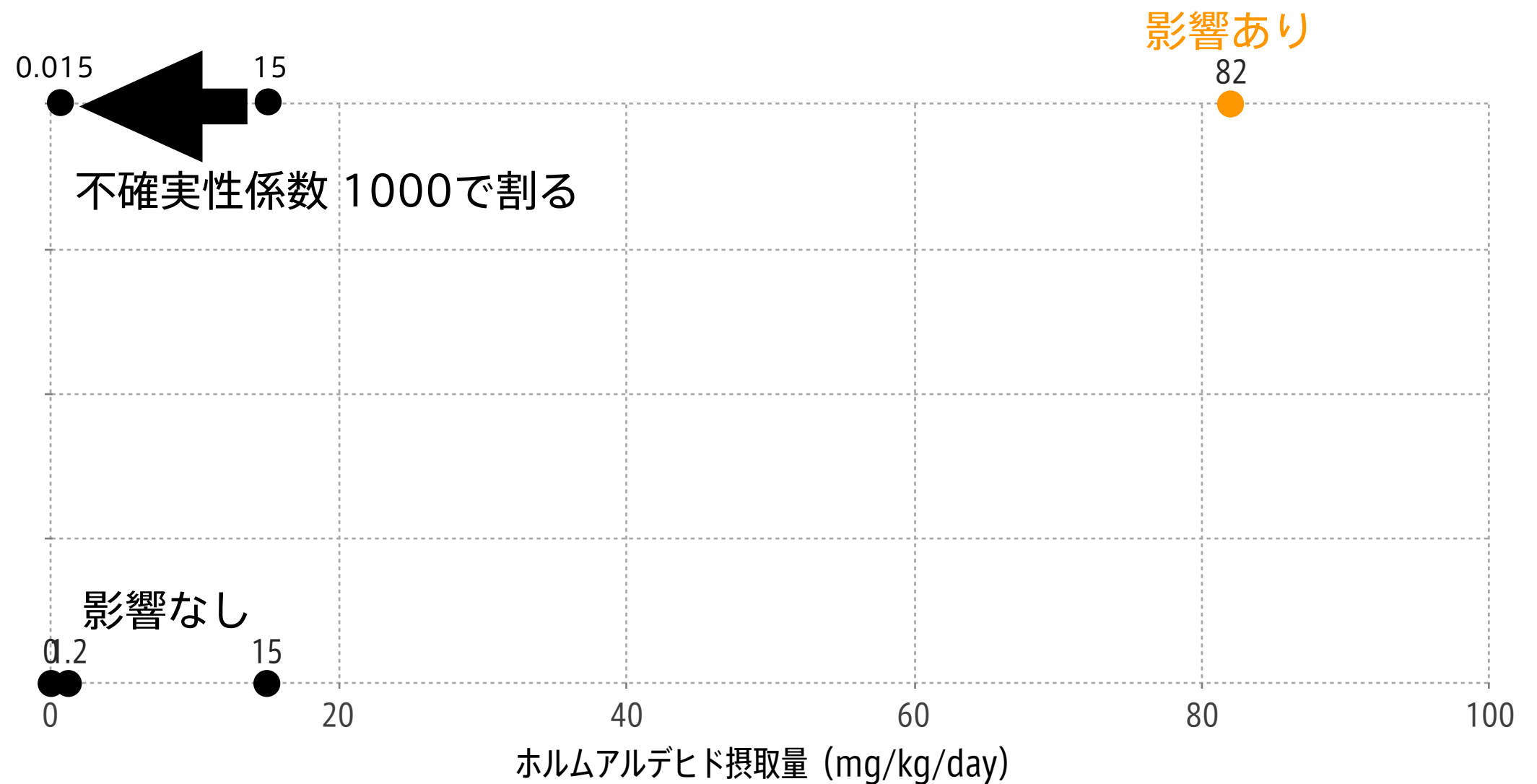
【出典】Walton (1951, 990) を参考に筆者作成

ホルムアルデヒド

- 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3回 安全のための基準値はどのように設定されるか

ホルムアルデヒドの 基準値の決め方



ちなみに…

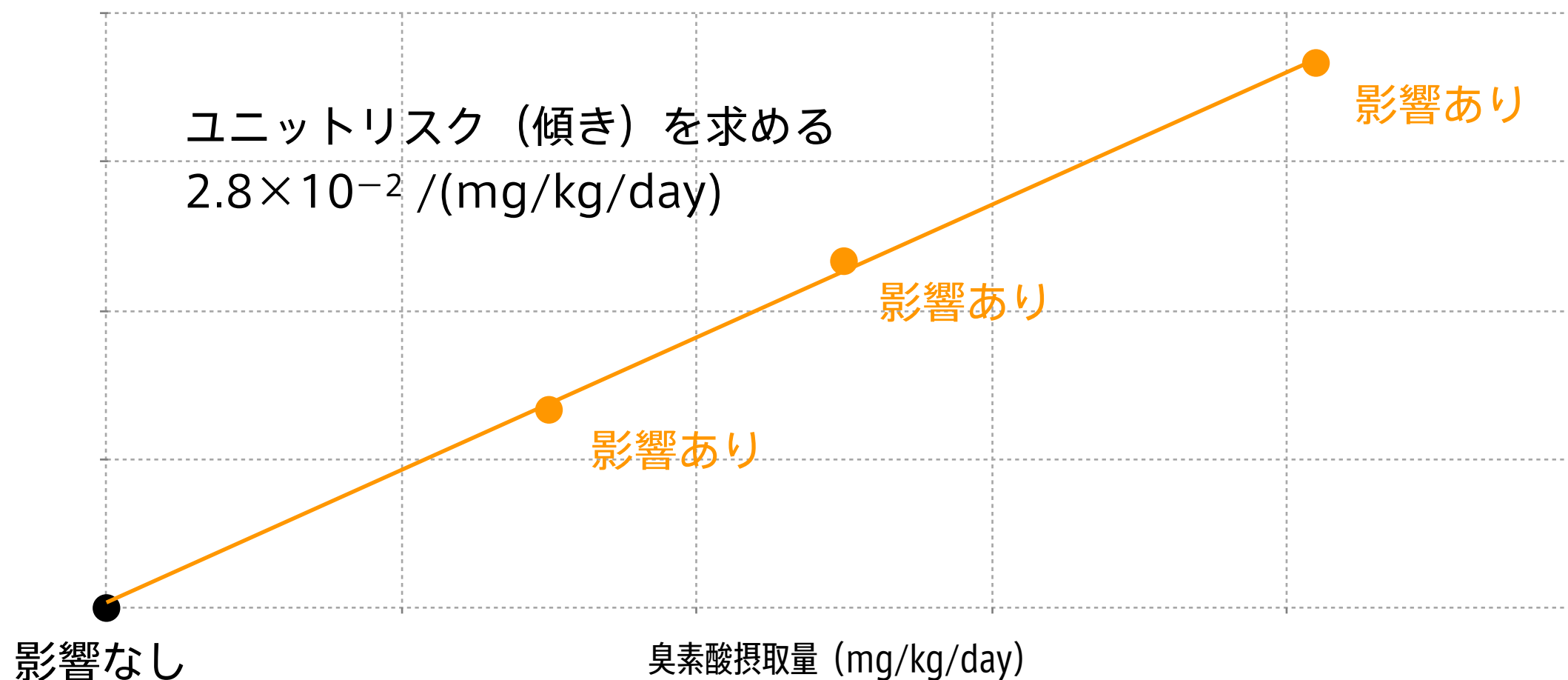
- WHOの飲料水水質ガイドライン（2004）では、揮発・吸入に関する不確実性係数は考慮せず、0.9 mg/L としている
- WHOの飲料水水質ガイドライン（2011）では、ホルムアルデヒドは（よほどの事故等がない限り）飲料水中には健康に問題が生じる濃度よりも十分低い濃度でしか存在しないので、ガイドライン値を設定する必要性が低いとして基準値を設定していない
- 2012年5月、利根川やその支流の浄水場で基準値の2倍超に相当する最大 0.168 mg/Lのホルムアルデヒドが検出され、1都4県で取水停止、千葉では約36万世帯が断水

臭素酸

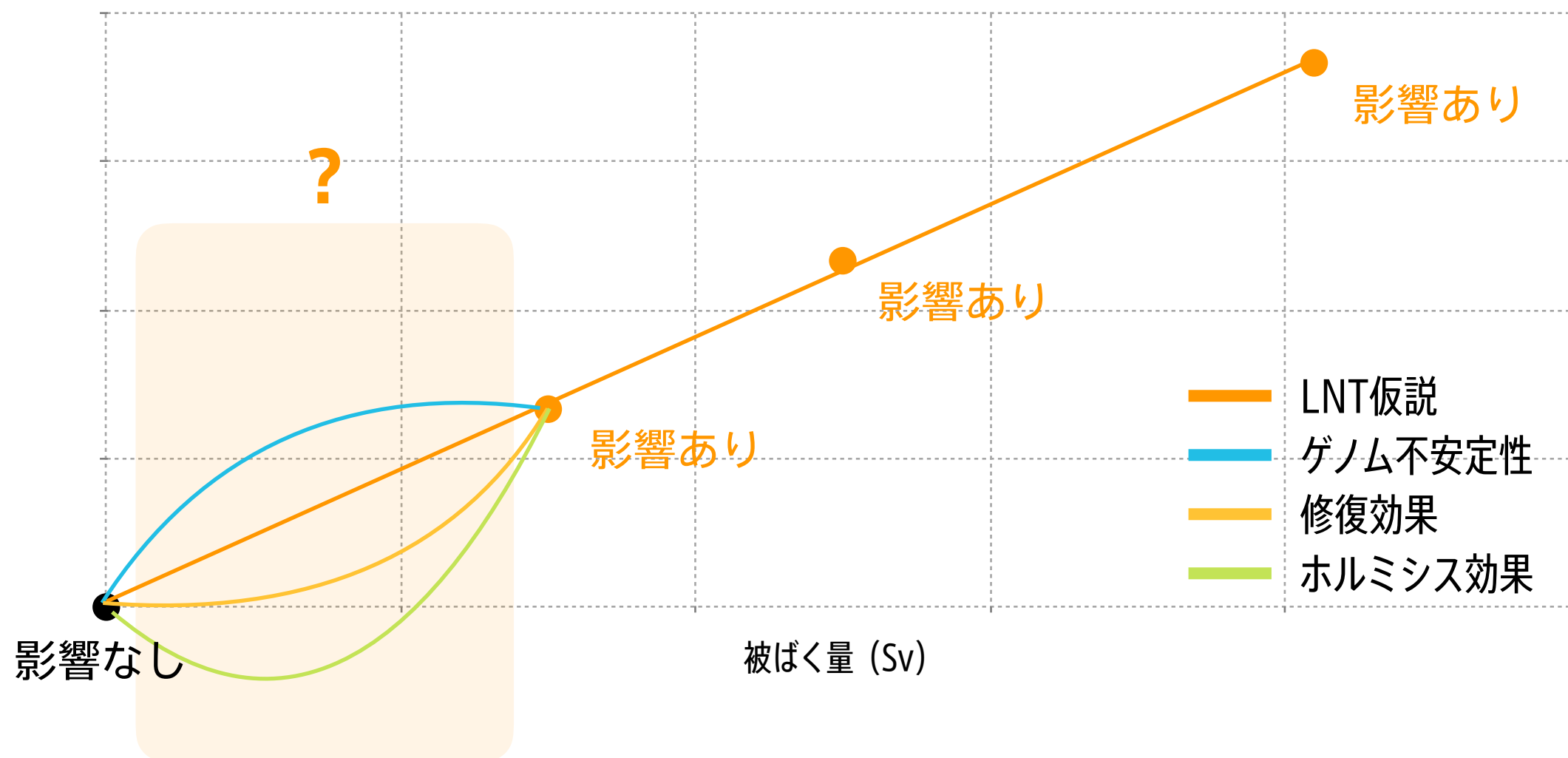
- 慢性毒性、発がん性あり、遺伝子損傷あり
- 日本での基準値 = 0.01 mg/L
 - 発がんリスク 10^{-5} （一生飲み続けたとき、10万人に1人が当該物質が原因でがんになる、 10^{-5} の根拠は米国での食品中の発がん性物質の管理をめぐる議論）
 - 動物実験の結果をもとに、発がんユニットリスク（体重 1 kgあたり 1 mg/dayの用量で一生涯にわたり曝露したときのリスク）を $2.8 \times 10^{-2} /(\text{mg/kg/day})$ と求めた
 - 発がんリスク 10^{-5} に相当する摂取量は $1 : 2.8 \times 10^{-2} = x : 10^{-5} \rightarrow x = 3.57 \times 10^{-4} /(\text{mg/kg/day})$
 - 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3回 安全のための基準値はどのように設定されるか

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



第3回 安全のための基準値はどのように設定されるか

リスク認知研究

第3回 安全のための基準値はどのように設定されるか

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

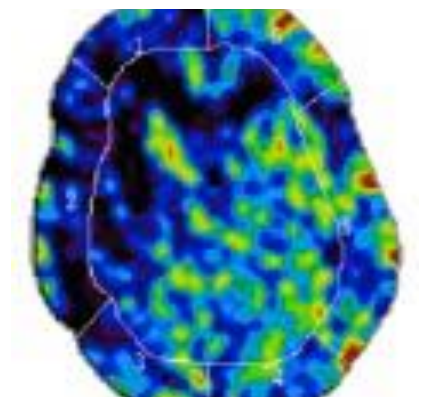
■ Starr (1969), etc.

■ 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

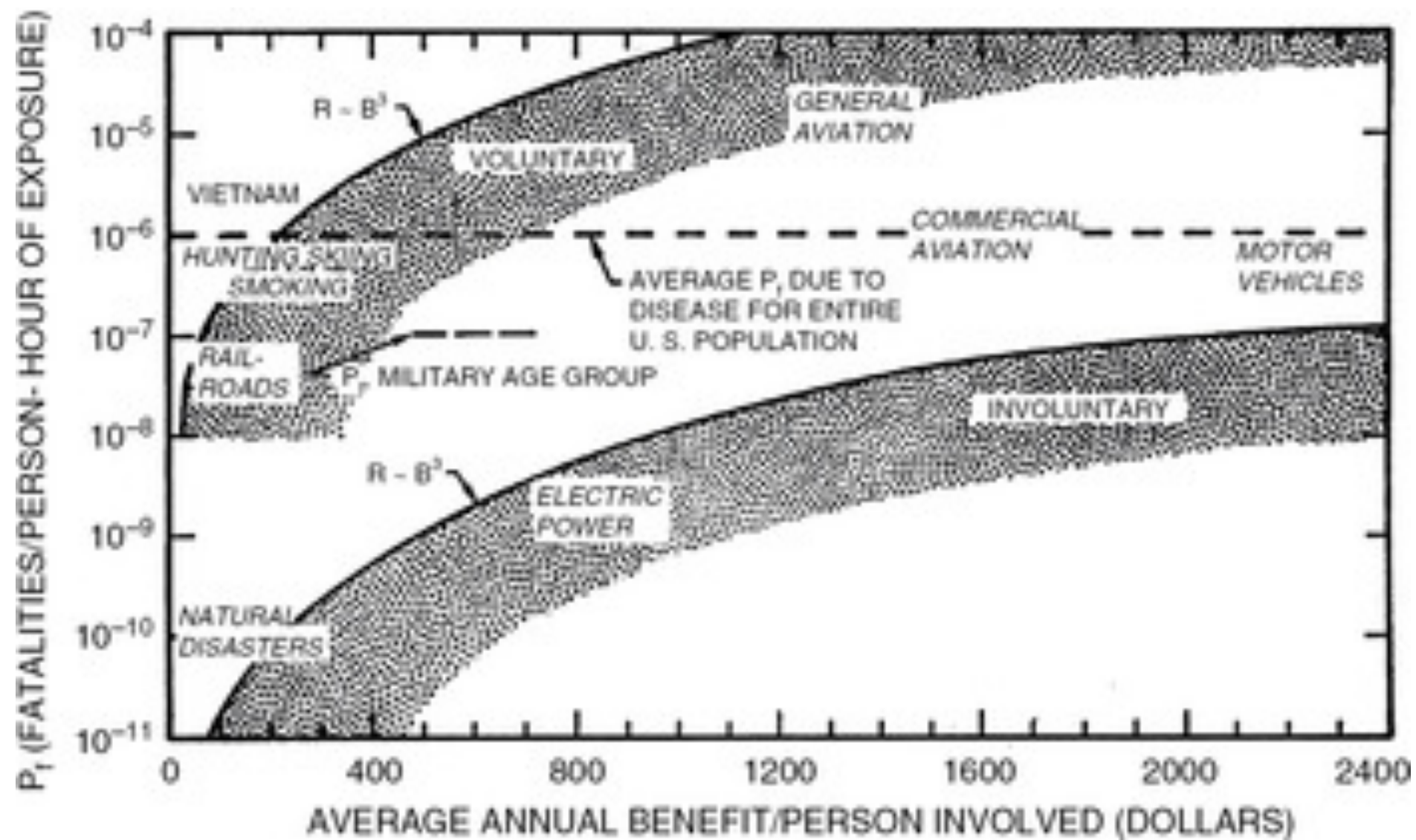
■ Chaiken (1980), Petty and Cacioppo (1981), Fazio (1986), Epstein (1991), Slovic (1996), etc.



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

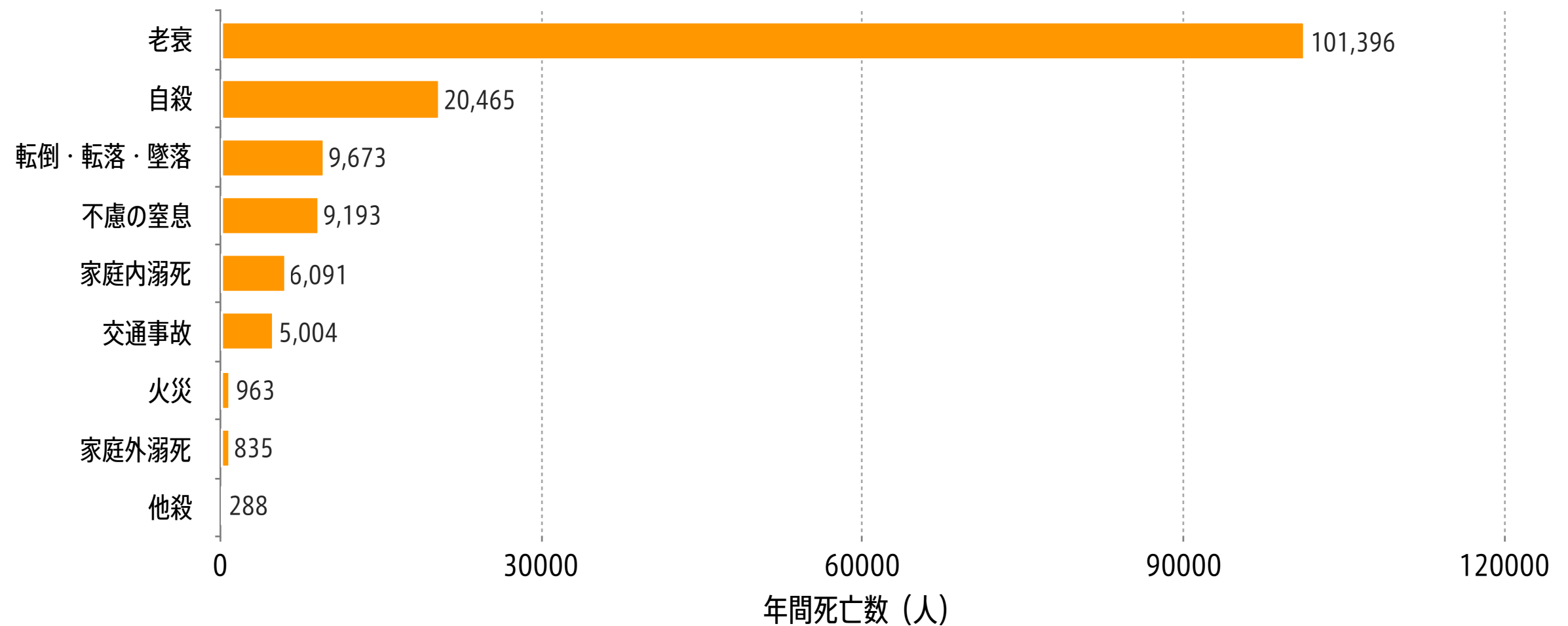
- 【問1】 「?????n?」の形に当てはまる英単語は？
- 【問2】 「?????ing」の形に当てはまる英単語は？
- 論理的には問1の答えの方が問2の答えよりも多い
- しかし、問1ではすぐに実例を思い出したり思い浮かべたりしにくいので、あまり多くないのではという気になる
- 利用可能性ヒューリスティックを用いているとき、簡単に例が想起しやすい事象ほど、より頻繁に起こっていると判断しやすい

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？

第3回 安全のための基準値はどのように設定されるか

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

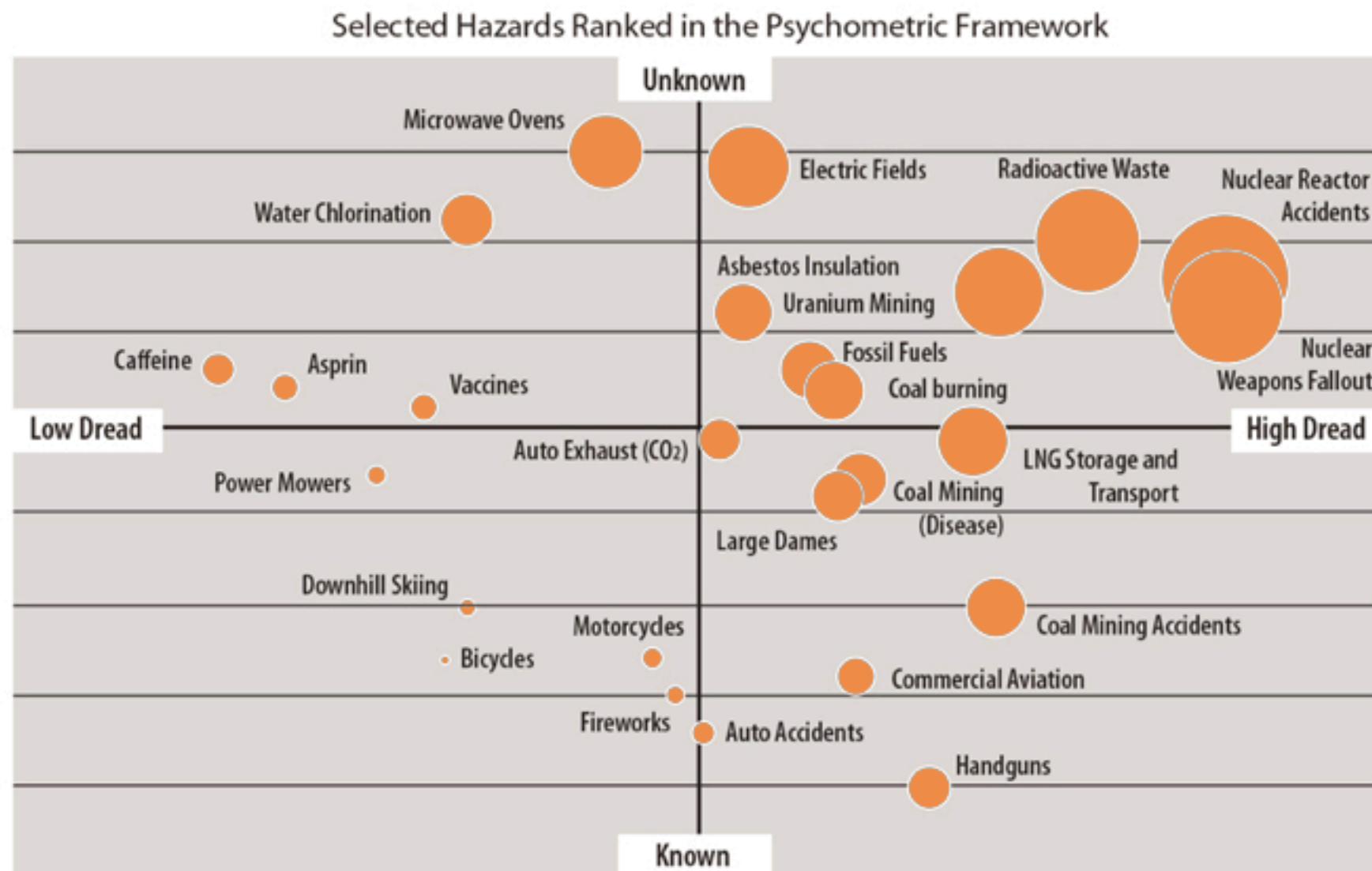
- では、マハトマ・ガンジーは暗殺されたとき何歳だったと思うか？

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)

参考文献

- 村上道夫ほか. 2014. 『基準値のからくり：安全はこうして数字になった』 講談社.
(第3章)
- Walton, G. 1951. Survey of Literature Relating to Infant Methemoglobinemia Due to Nitrate-Contaminated Water. *American Journal of Public Health* 41:986—96.
- 中谷内一也. 2008. 『安全。でも、安心できない…：信頼をめぐる心理学』 筑摩新書.
- ガードナー, D. 2009. 『リスクにあなたは騙される：「恐怖を操る論理」』 田淵健太 訳, 早川書房.
- 厚生労働省. 2018. 平成29年（2017）人口動態統計（確定数）.
- 金沢工業大学科学技術応用倫理研究所（編）. 2017. 『本質から考え行動する化学技術者倫理』 白桃書房.
- 関谷翔. 2010. 「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.