

許容濃度とユニットリスク

慶應大学医学部
衛生学公衆衛生学教室
大前 和幸

リスクアセスメントのプロセス (NAS 1983)

健康影響の
観察

高濃度から低
濃度への外挿

曝露濃度、曝
露人口の同定

有害性同定

量反応評価

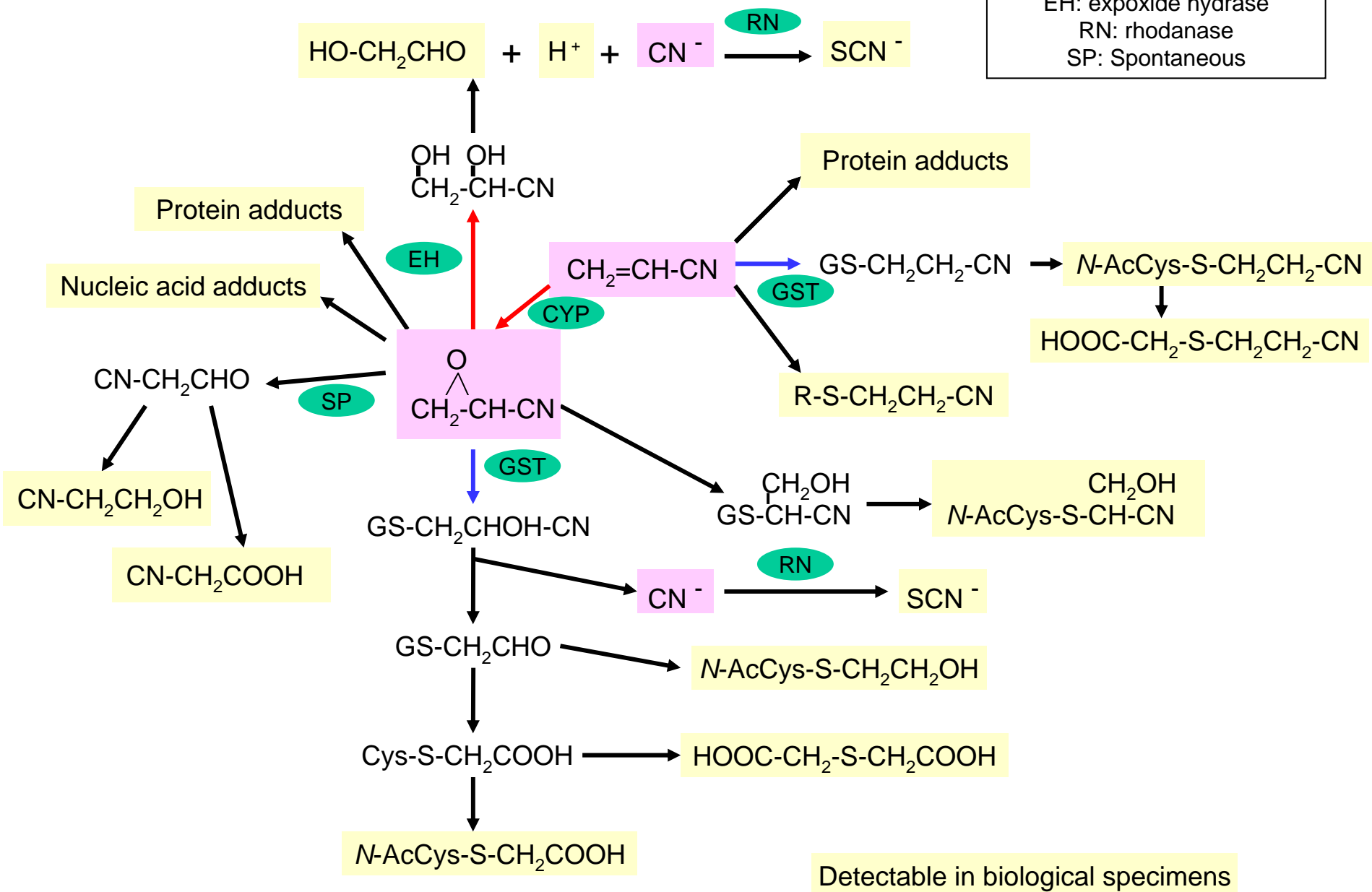
曝露評価

リスクの確定

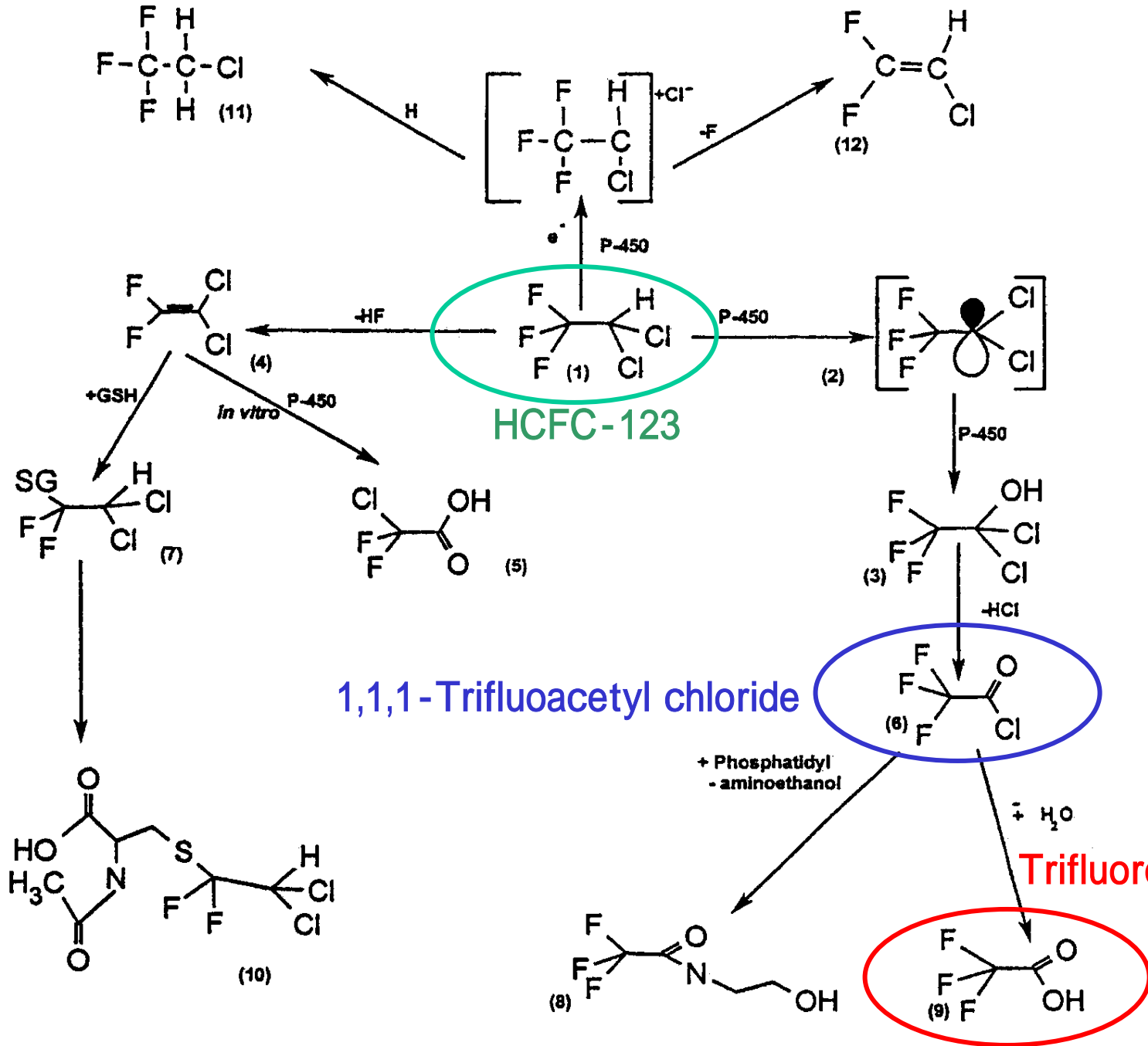
意志決定および行動

図1 アクリロニトリルの代謝

CYP: Cyp2E1
 GST: GSTT1, GSTM1, ...
 EH: epoxide hydrase
 RN: rhodanase
 SP: Spontaneous



代謝



HCFC-123

1,1,1-Trifluoroacetyl chloride

Trifluoroacetic acid

リスクアセスメントのプロセス (NAS 1983)

健康影響の
観察

高濃度から低
濃度への外挿

曝露濃度、曝
露人口の同定

有害性同定

量反応評価

曝露評価

リスクの確定

意志決定および行動

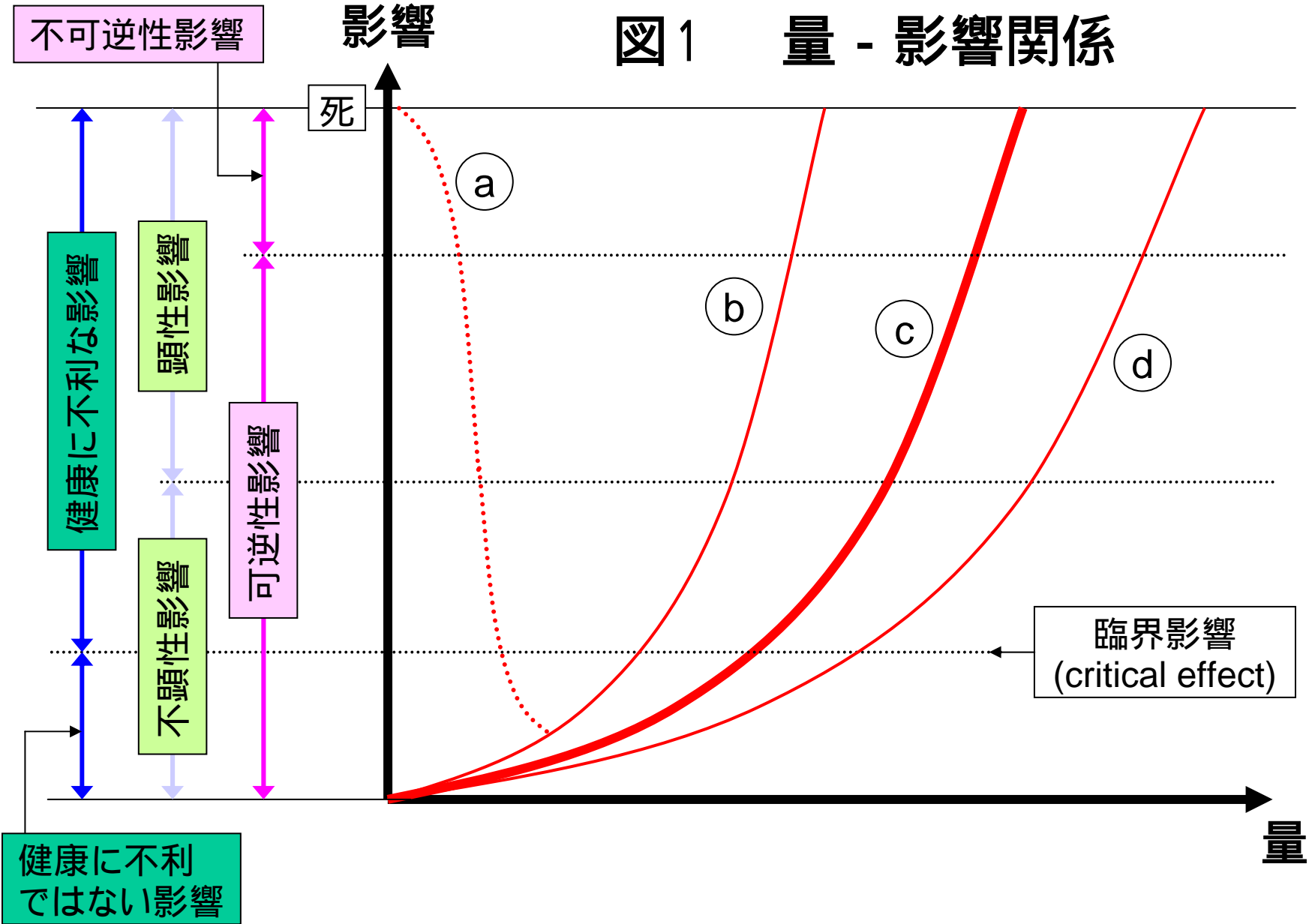
"Dosis sola facit venenum"

蔗糖	29,700	シアン化カリウム	10
エタノール	21,000	硫酸ストリキニーネ	5
塩化ナトリウム	4,000	パラチオン	3.5
サリチル酸	3,400	2,3,7,8-TCDD	0.144*
アニリン	440	テトロドトキシシン	0.01*
カフェイン	192	ボツリヌストキシシンA	0.00016*
塩化第二水銀	37		

ラット経口、LD₅₀ mg/kg体重。

*: マウス

図1 量 - 影響関係



ビールの量と症状(影響)

症状(影響)

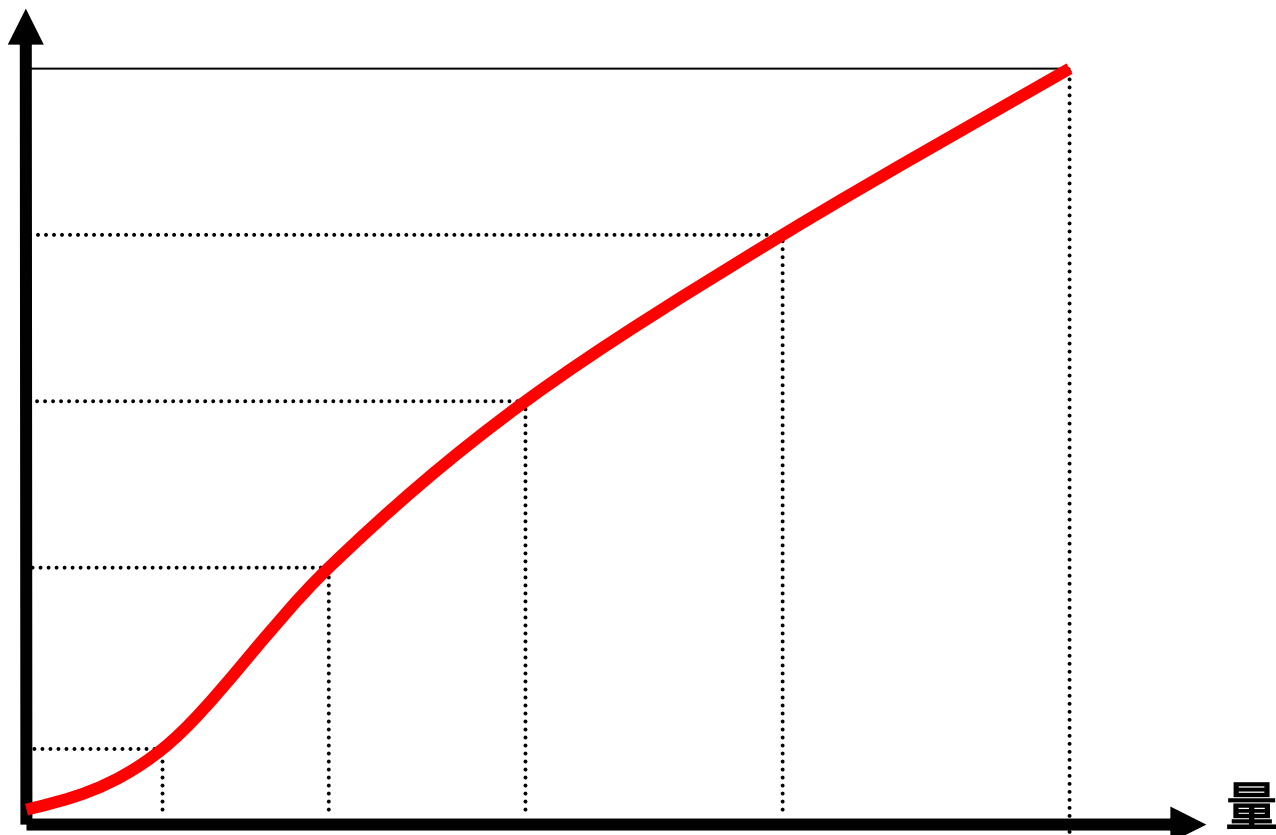
急性アルコール中毒死

酩酊・泥酔

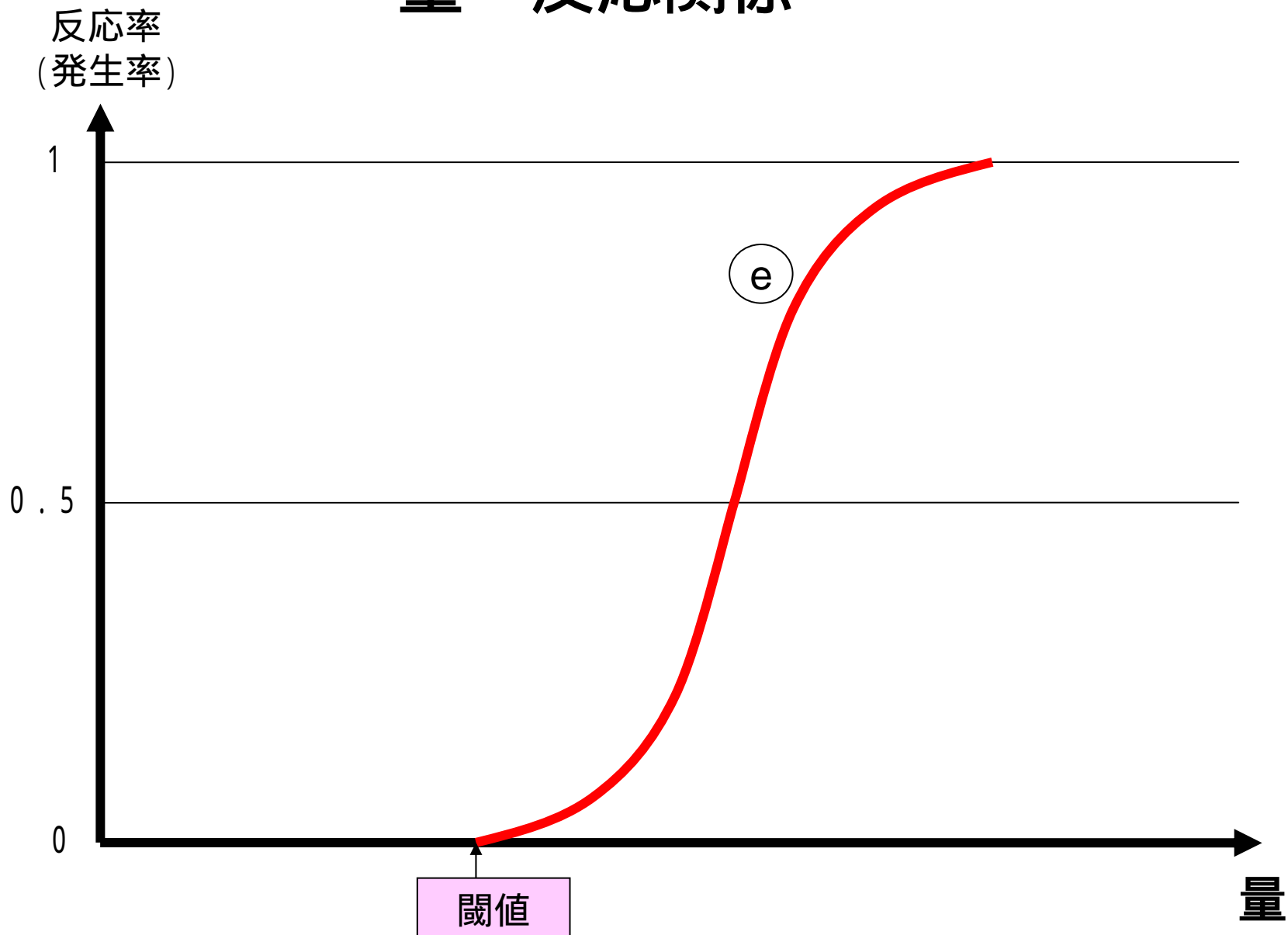
頭が痛い、むかむか

ほろ酔い加減

プッハー、うまい

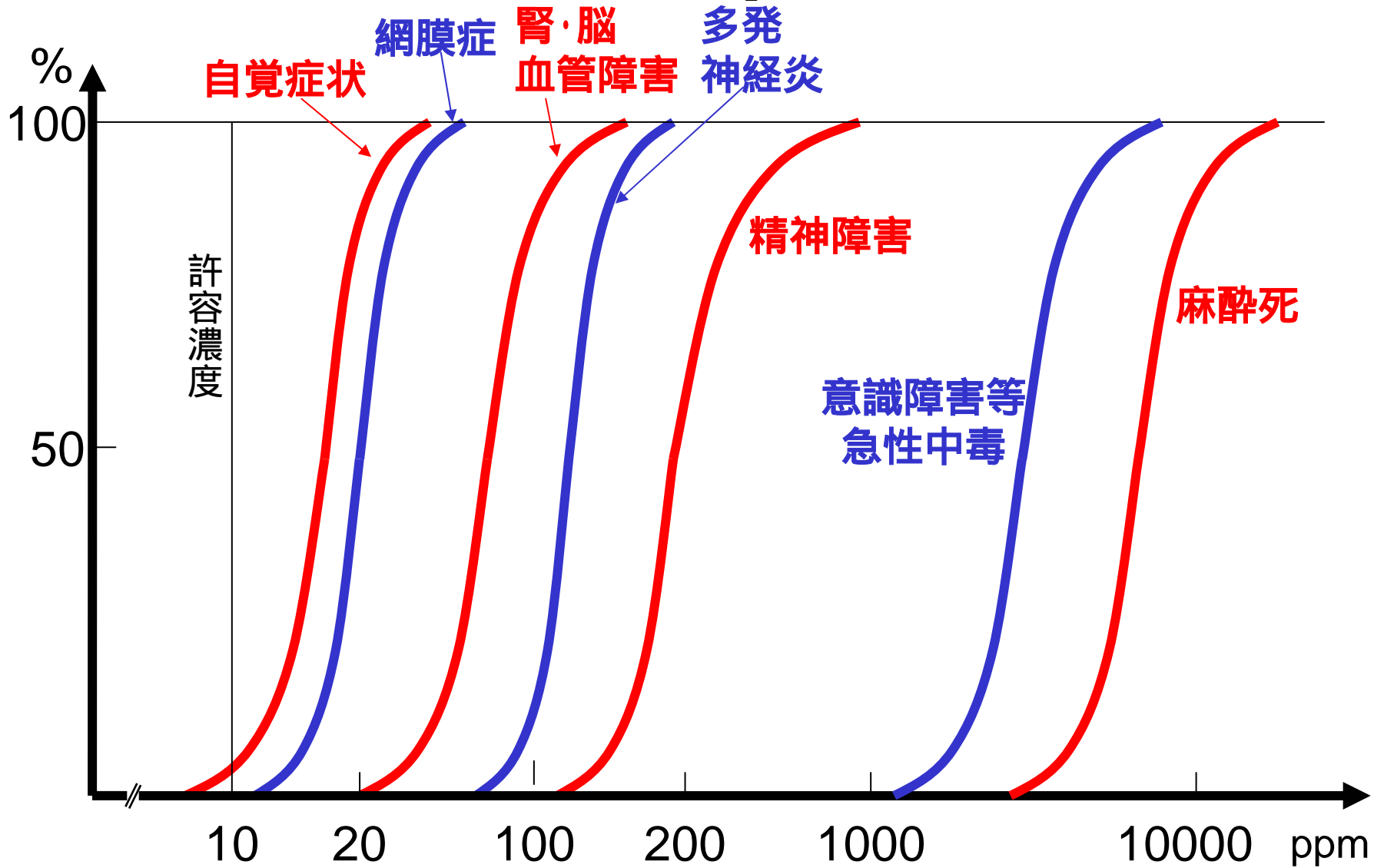


量 - 反応関係

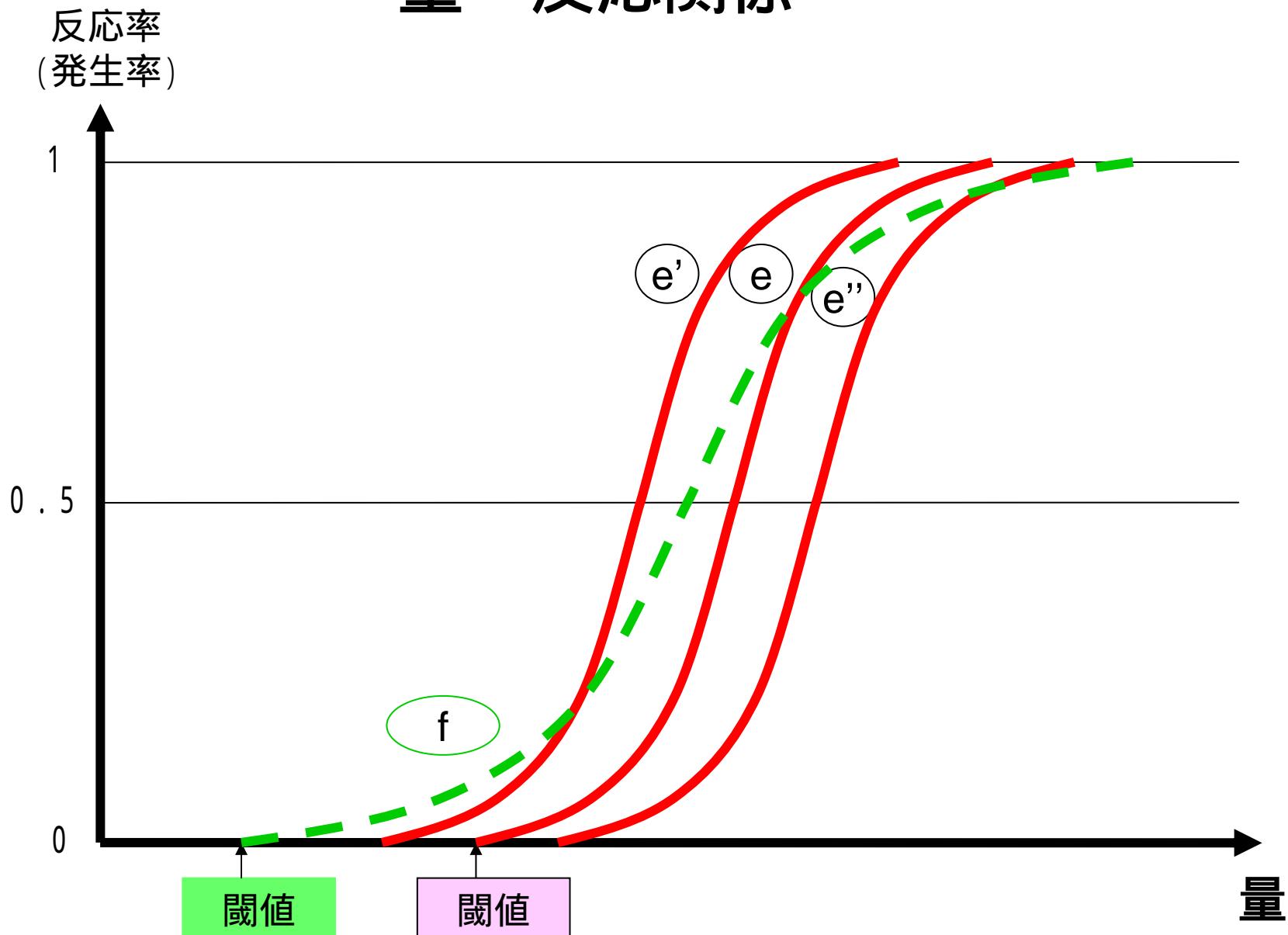


健康影響の種類による量反応関係

二硫化炭素 (CS₂) の場合

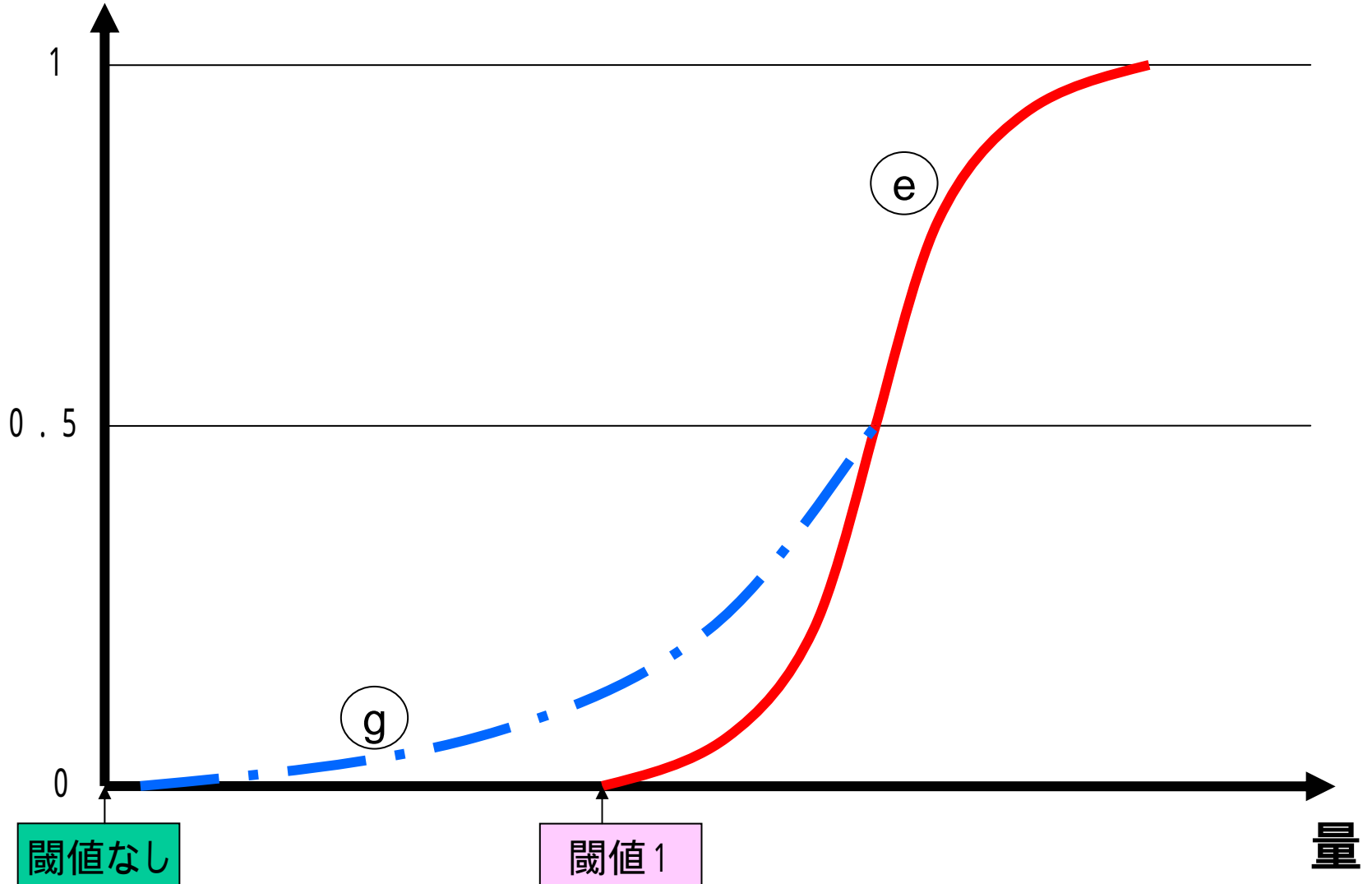


量 - 反応関係



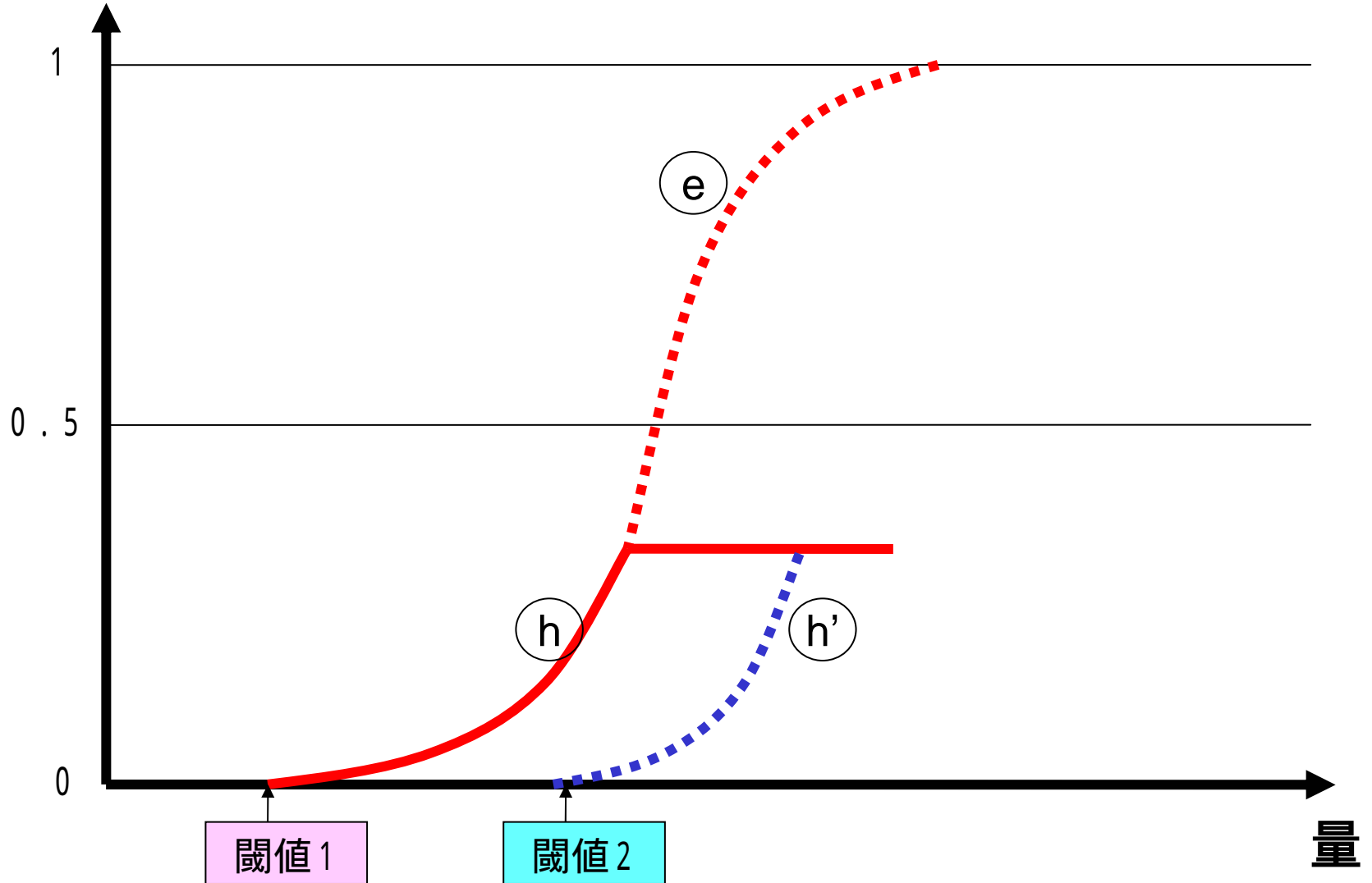
量 - 反応関係

反応率
(発生率)

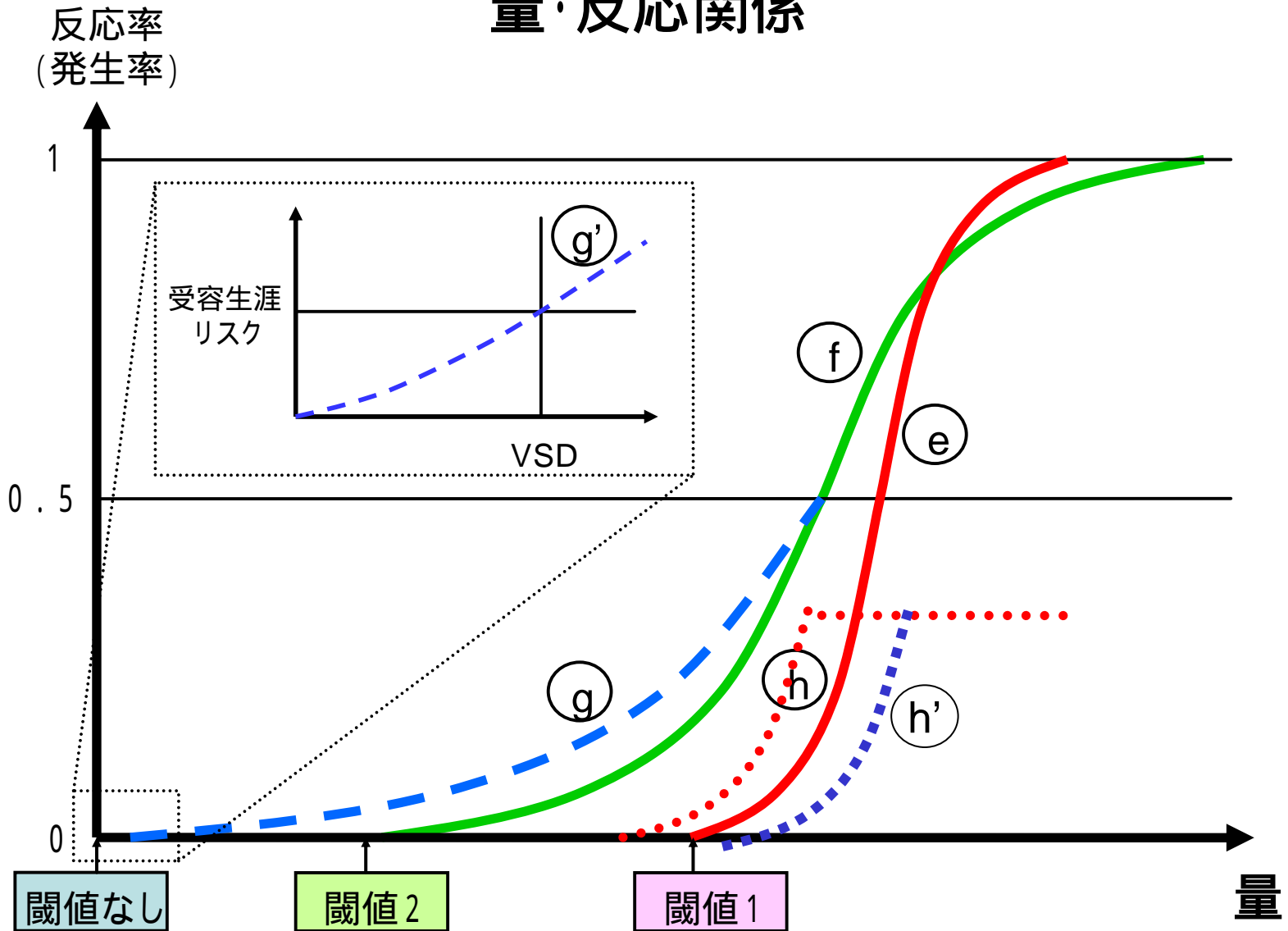


量 - 反応関係

反応率
(発生率)



量・反応関係



労働環境の曝露限界値 = 許容濃度

一般環境の曝露限界値 = 環境基準、TDI、ADI等

• 許容濃度の性質

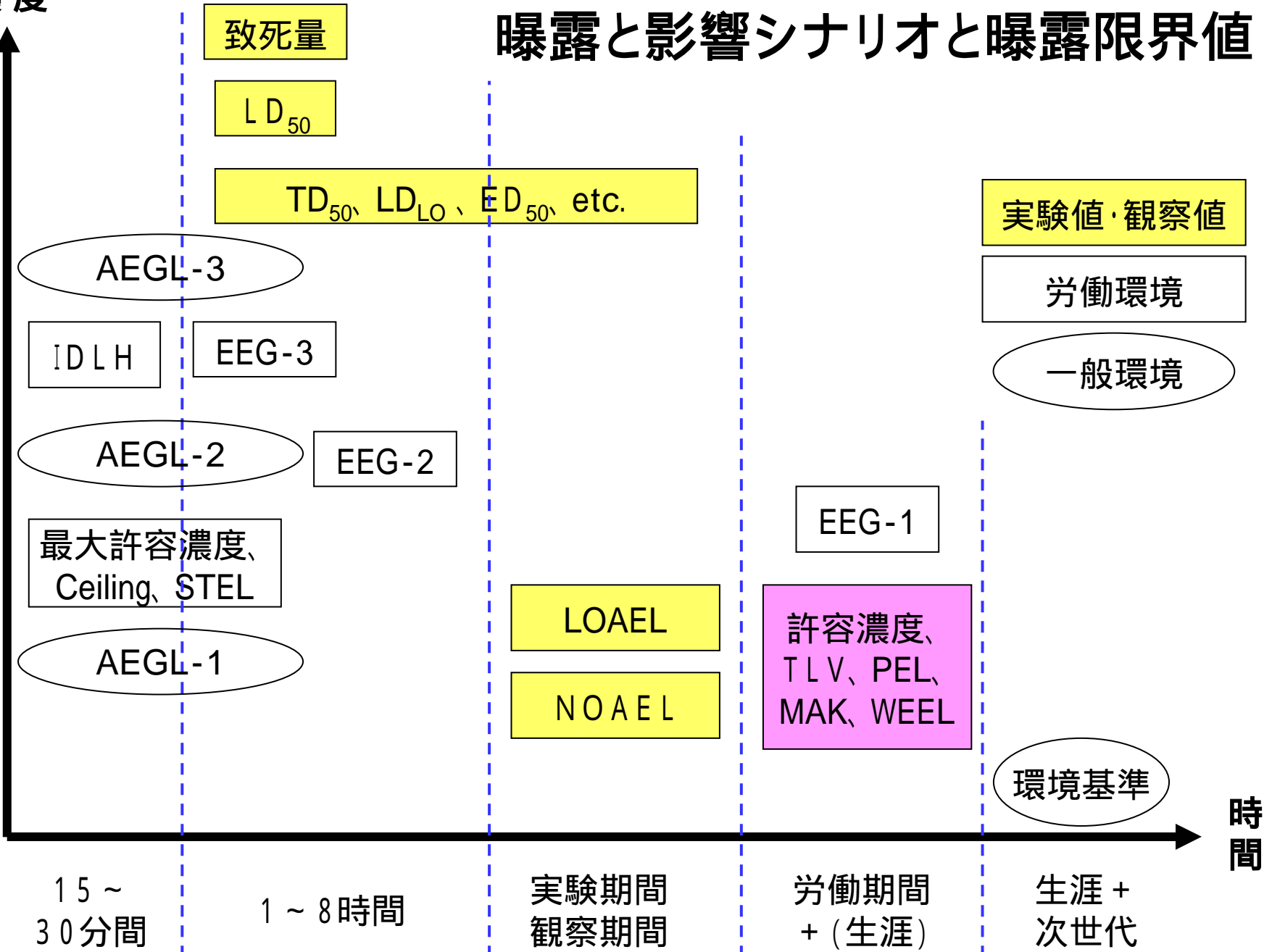
- 人の有害物質等への感受性は個人毎に異なるので、許容濃度等以下の曝露であっても、不快、既存の健康異常の悪化、あるいは職業病の発生を**防止できない場合がありうる**。
- 許容濃度等を決定する場合に考慮された生体影響の種類は物質等によって異なり、…従って、許容濃度等の数値は、単純に、毒性の強さの**相対的比較の尺度として用いてはならない**。
- **安全と危険の明らかな境界を示したものと考えてはならない**。(以下略)
- 許容濃度等の数値を、**労働の場以外での環境要因の許容限界値として用いてはならない**。

• 環境基準

- **健康保護と生活環境の保全の上で維持されることが望ましい基準**として、物質の濃度や音に大きさというような数値で定められるもの。この基準は、公害対策を進めていく上での**行政上の目標**として定められるもので、ここまでは汚染してもよいとか、これを**超えると直ちに被害が生じると**いった意味で定められるものではない。

濃度

曝露と影響シナリオと曝露限界値

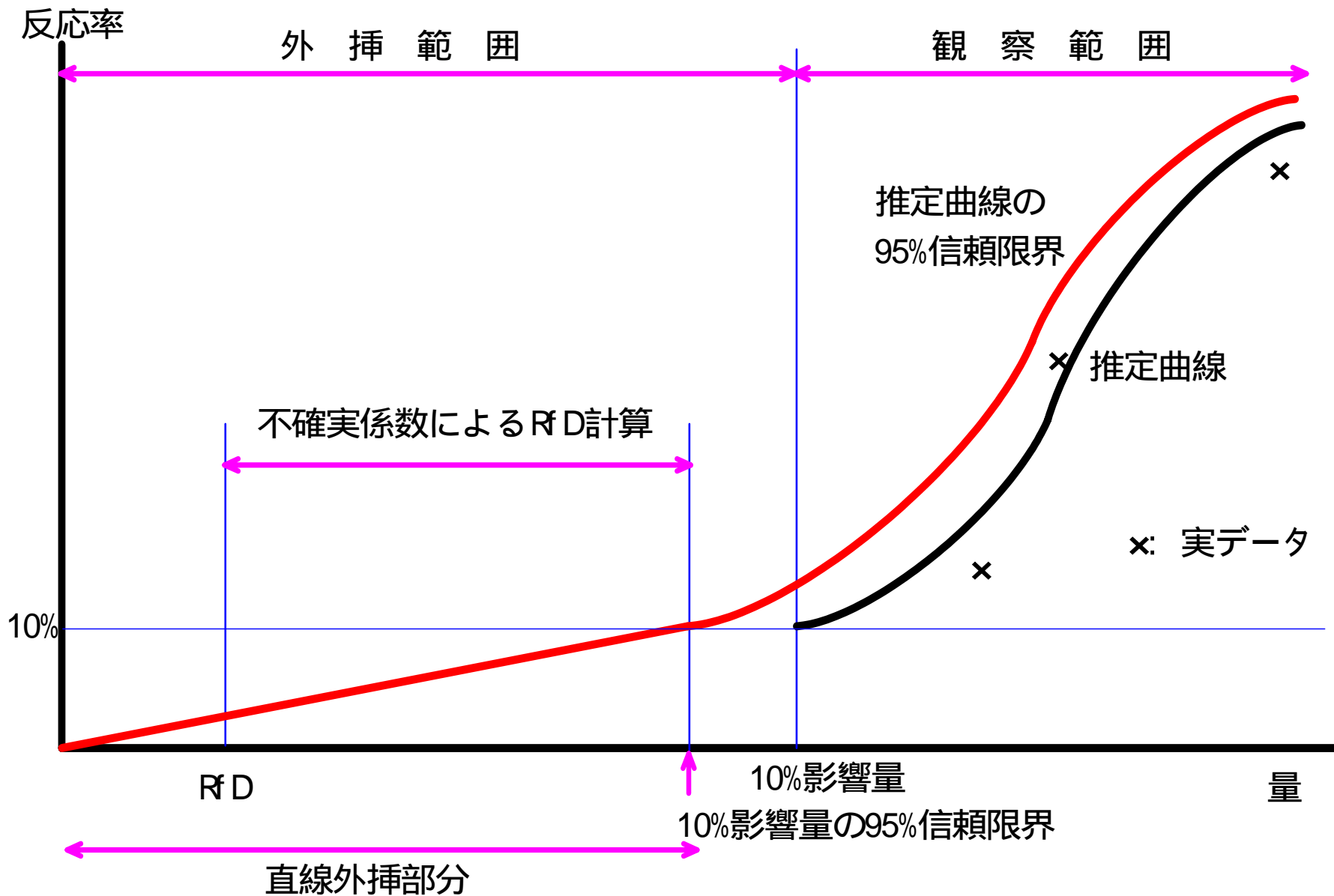


量反応評価 (Dose-response assessment)

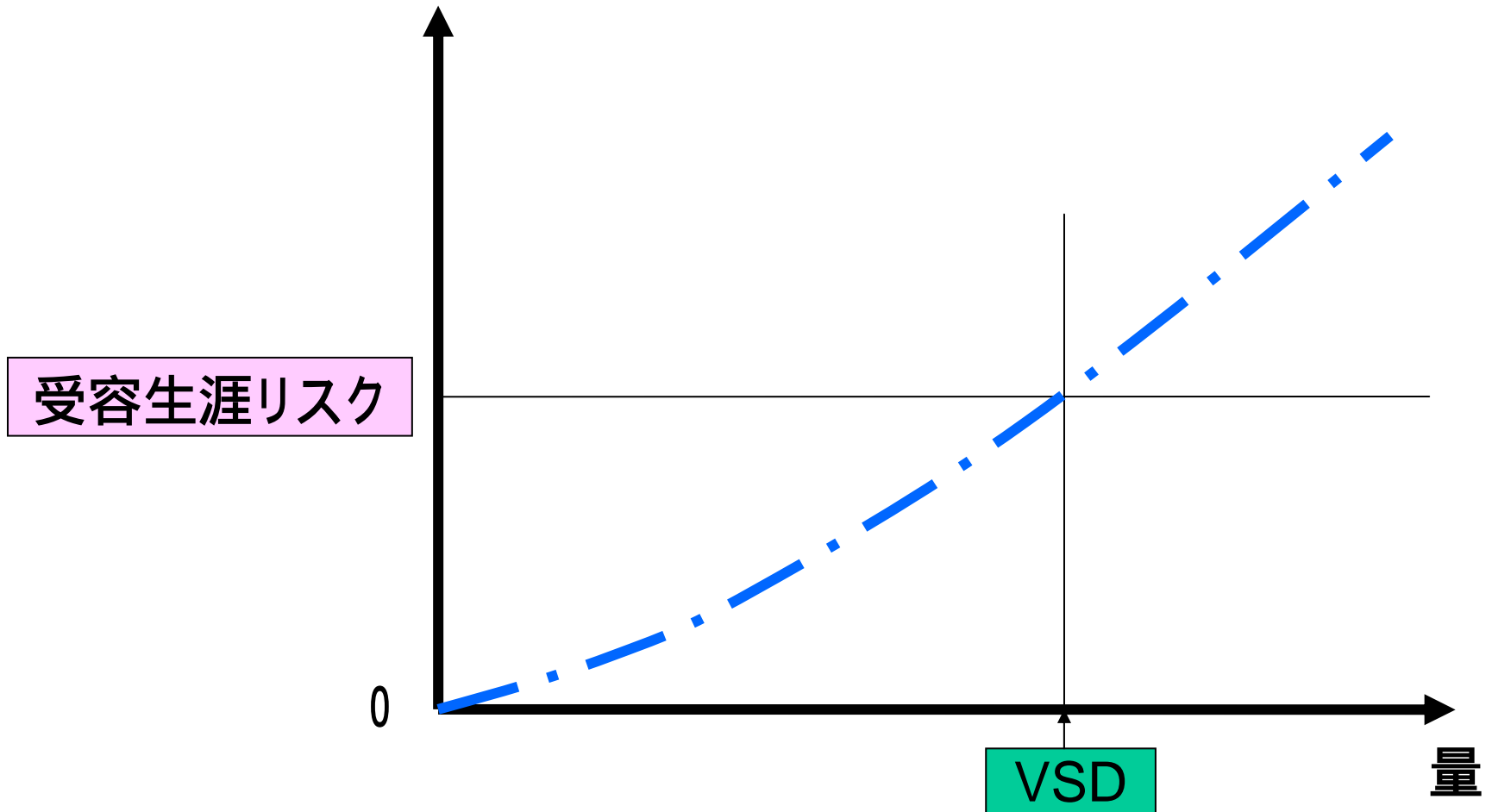
閾値がない場合の量反応評価

- ・ 数学モデルの使用 $P = f(D)$
 - One-hit Model, Multi-hit Model
 - Liberalized Multistage Model (LMSモデル)
 - Weibul Model
 - Probit Mode, Logit Model
 - Relative Risk Model
- ・ BMD法

低濃度領域における量反応関係



受容生涯リスクと実質安全量 (VSD, virtually safety dose)



リスク判定 (Risk Characterization) 3

閾値のない場合の評価

- VSD (Model は数理モデルでもBMD法でもよい)
Acceptable Risk

大気環境審議会中間報告 10^{-5}

米国環境保護庁 10^{-6}

米国職業安全衛生庁 10^{-3}

。発がん物質

- 「第1群」に属する物質のうち、過剰発がん生涯リスクレベルに対応する濃度レベルの評価が可能な場合については、過剰発がん生涯リスクレベルおよび対応する濃度レベルの評価値を表 - 2に示す。表 - 2に掲載した過剰発がん生涯リスクレベルおよび評価値は、労働者が受容すべきリスクとして日本産業衛生学会が勧告することを意味せず、労働衛生についての十分な知識と経験をもった人々が、発がん物質の労働衛生管理を行うための参考値として示している。

日本人の事故等による生涯リスク (1994)

	死亡数	死亡率	生涯リスク
交通事故	10,649	8.5×10^{-5}	6.0×10^{-3}
(歩行者)	2,886	2.3×10^{-5}	1.6×10^{-3}
水難	1,360	1.5×10^{-5}	7.0×10^{-4}
火災	1,041	8.4×10^{-6}	5.9×10^{-4}
自然災害	59	4.8×10^{-7}	3.4×10^{-5}
落雷	4	3.2×10^{-8}	2.2×10^{-6}

ベンゼン (C₆H₆)

- 物性: BP 80.1 °C MP 5.5 °C
- 用途: 各種化学物質の原料、溶剤、ガソリン
- 代謝: 別図
- 致死毒性: 経口 LD50 3.8 ml/kg (ラット)
- 生体影響:
 - 発がん性 (骨髄性白血病)、
有機溶剤としての一般毒性
- 許容濃度:
 - 1 ppm (JSOH Rf value at excess lifetime risk of 10⁻³)、1 ppm (DFG TRK)

ビニール履き物製造女子作業者のベンゼン中毒死亡

年齢	作業期間	曝露濃度(ppm)	臨床診断名
16	9カ月	?	再生不良性貧血
17	1年	80 ~ 250	汎骨髄労
20	2年1カ月	250 ~ 300	顆粒球減少症
24	4カ月	400 ~ 800	再生不良性貧血
50	7年	180 ~ 400	再生不良性貧血
44	3年	210 ~ 280	再生不良性貧血
23	9年	250 ~ 300	貧血症

ベンゼン

< Rinskyらの研究(1987)の概要 >

方法: ベンゼンを溶剤として大量に使用していた米国オハイオ州の pliofilm 製造工場労働者のうち、1940年1月1日から1965年12月31日までの間ベンゼンに曝露した男性 1,165人についての追跡調査およびベンゼン曝露量の推定。

結果(1981年12月31日までの追跡)

- | | |
|---|----------------------|
| 1 総死亡 | 330(期待値 331.6) |
| 2 白血病死亡 | 9(期待値 2.7、SMR 3.3) |
| 3 多発性骨髄腫死亡 | 4(期待値1.0、SMR 4.0) |
| 4 リンパ・造血器系悪性腫瘍死亡 | 15(期待値 6.6、SMR 2.3) |
| 5 全悪性新生物死亡 | 69(期待値 66.8、SMR 1.0) |
| 6 個人曝露量は、会社の個人記録と工場のそれぞれの場所での濃度(1年ごとに算出)から推定。 | |

ベンゼン推定累積曝露濃度 (ppm-yr)

曝露開始	病型	累積曝露	曝露開始	病型	累積曝露
1939	AML	1120	1950	CML	337
1941	AGL	1766	1940	Mono	126
1942	AML	668	1940	ALL	286
1942	AML	1126	1945	Unsp	11
1944	AML	1239	1948	CML	34
1945	AML	1051	1949	Unsp	9
1948	AML	596	1950	Myelo	54

平均相対リスクモデル

$$UR = P (R - 1) / X$$

UR : ユニットリスク (unit life risk)。発がん性を有する物質が大気中に $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 含まれる場合の生涯がんの発生確率の増加分。

- P : 生涯リスクのバックグラウンド値。人口統計や生命表法を用いて計算。
- R : 相対リスク。曝露集団中の観察された発がん数と期待値の比。標準化死亡比 (SMR) で表されることもある。
- X : 生涯平均曝露。生涯継続曝露を仮定したときの曝露集団の標準生涯曝露濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)。



出先

→ to English



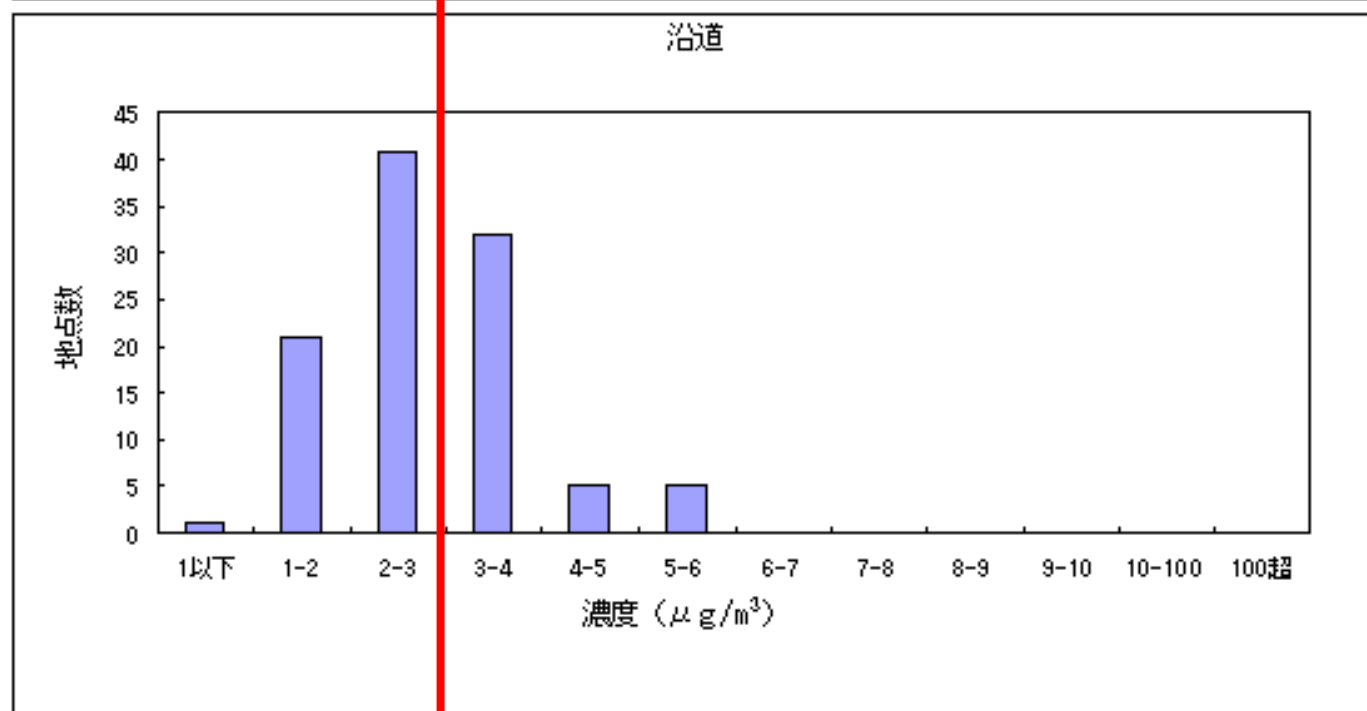
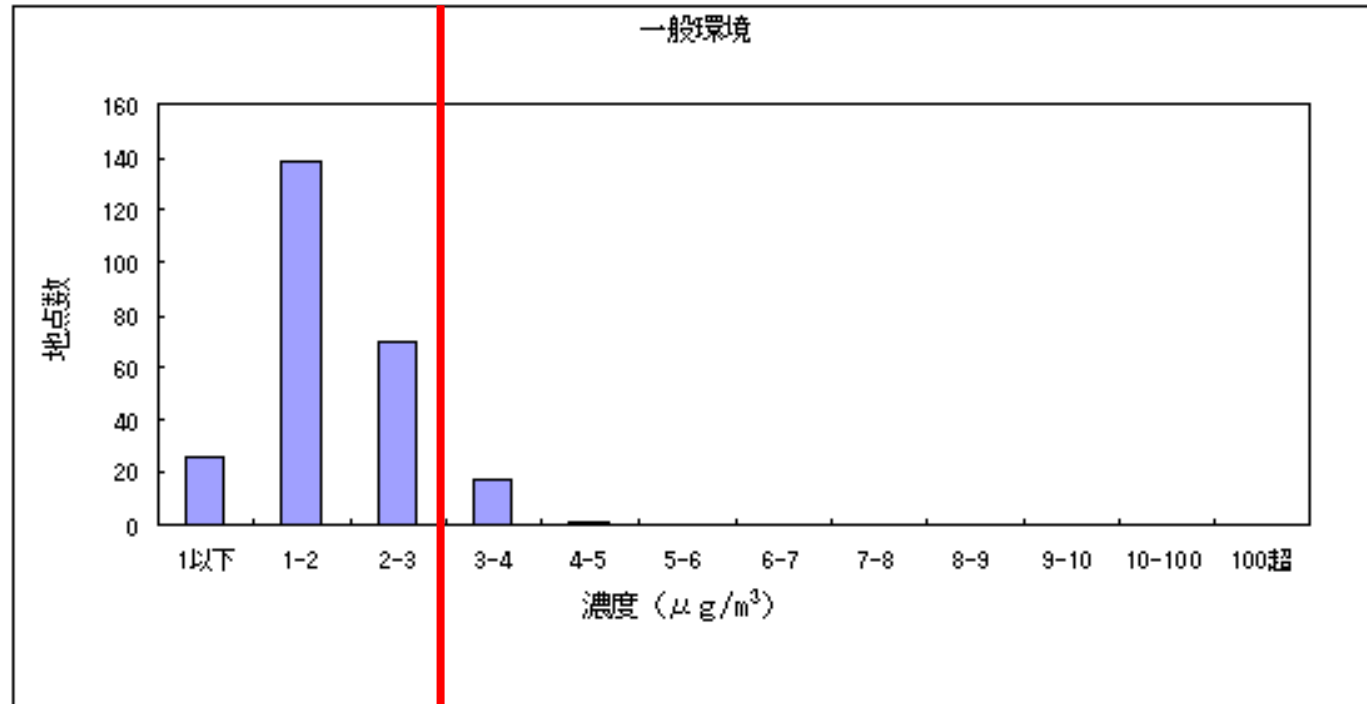
出光ガソリンのコマーシャル

- 環境にやさしいガソリンです

「有害物質ベンゼンの含有量を、**1%以下に
押さえました**」

- エコマーク(日本環境協会)認定ガソリン

平成13年度ベンゼン濃度の分布



リスクアセスメントのプロセス (NAS 1983)

健康影響の
観察

高濃度から低
濃度への外挿

曝露濃度、曝
露人口の同定

有害性同定

量反応評価

曝露評価

リスクの確定

意志決定および行動

リスクアセスメントのプロセス (NAS 1983)

リスクマネージメント

健康影響の
観察

高濃度から低
濃度への外挿

曝露濃度、曝
露人口の同定

有害性同定

量反応評価

曝露評価

リスクの確定

意志決定および行動

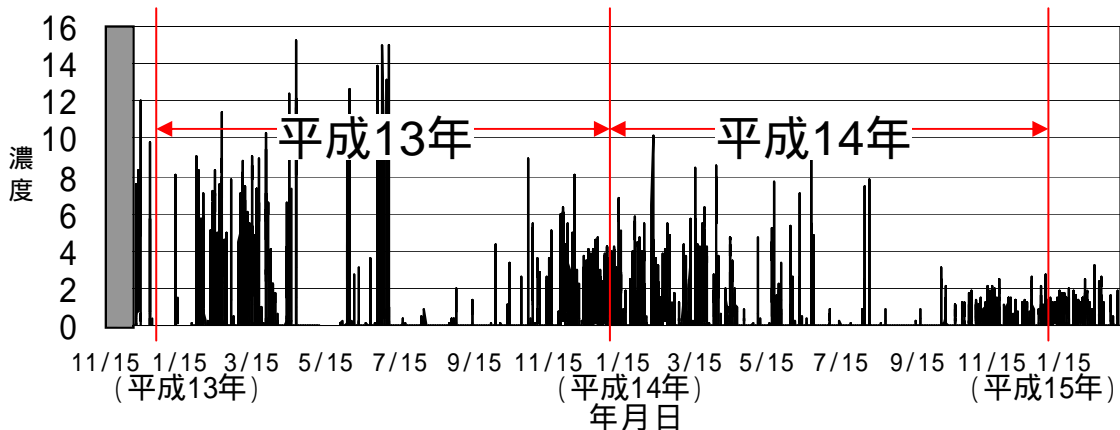
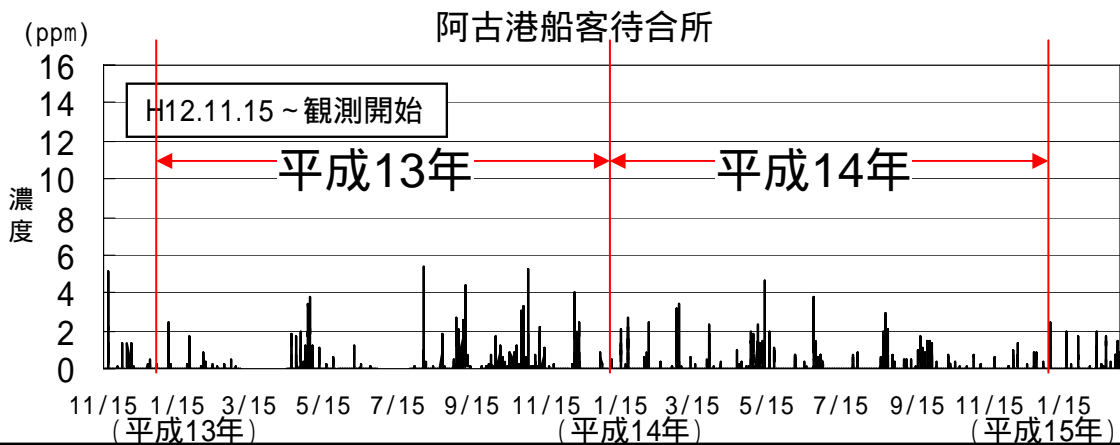
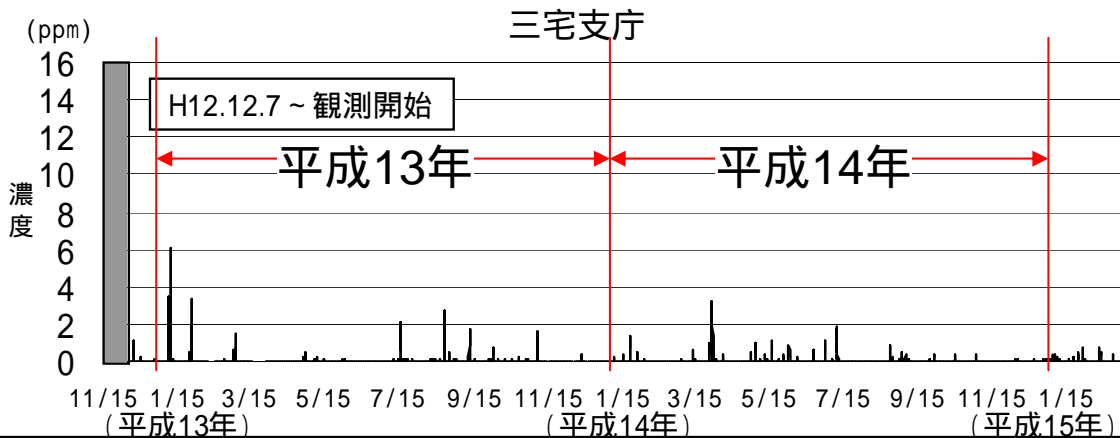
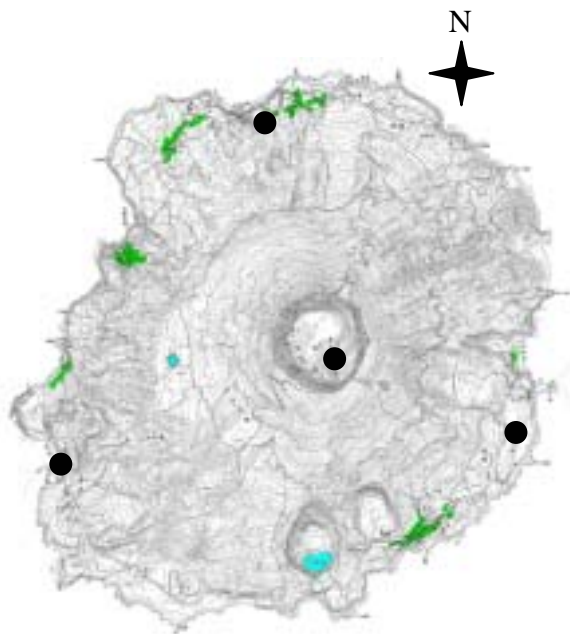






1時間値の経年変化 (山麓)

(環境基準: 1時間値の1日平均値が0.04 ppm 以下、かつ、**1時間値が0.1 ppm以下**)

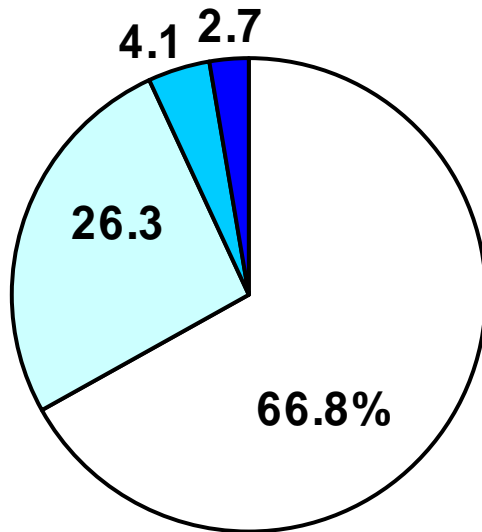


環境基準との比較

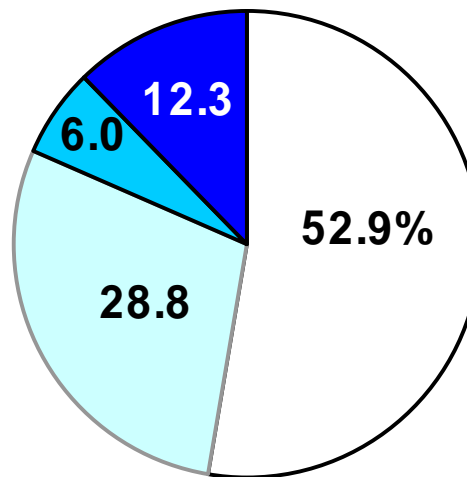
1日平均値

(環境基準: 1時間値の1日平均値が0.04 ppm 以下、かつ、1時間値が0.1 ppm以下)

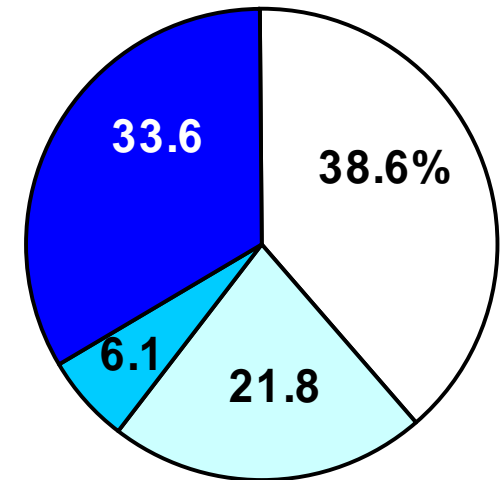
三宅支庁



阿古港船客待合所



三宅島空港



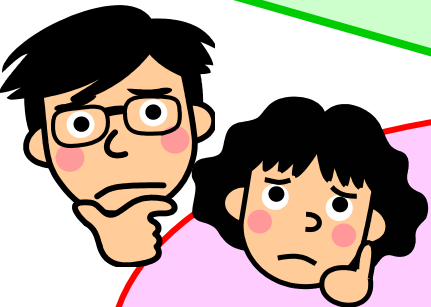
□ 検出限界以下 □ 0.04ppm以下 □ 0.01ppm以下 □ > 0.1ppm

基本的な考え方 — 現状に対する認識

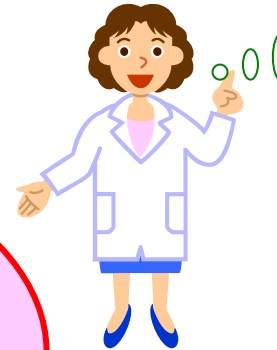
- 二酸化硫黄の濃度は環境基準を超えている
- 発生源は火山であり、排出抑制対策はできない
- 短時間で急激に濃度が変化する



「リスク」とは、「好ましくない事柄が起きる確率」のことです。「リスクがある」ということは、「好ましくない事柄が起きる可能性がゼロではない」ということで、「100%起きる」ということではありません。



現状認識
帰島後の健康影響のリスク
はゼロではない



例えば、100人のうち5人に健康影響が起きれば、健康影響のリスクは5%ということになります。

二酸化硫黄の濃度が高いと健康影響を起こす人数は増えますから、リスクは大きくなります。すなわち、二酸化硫黄の濃度によってリスクは大きくなったり小さくなったりします。

しかし……

基本的な考え方

- 健康診断等により高感受性者、要援護者等の全数把握可能
- 住民と行政の協力、住民の自立行動により、高感受性者や要援護者に対してきめ細かい配慮をすることが可能
- リスクコミュニケーションが可能

「**高感受性者**」とは、二酸化硫黄に対する感受性が高く、**比較的**低濃度で影響を受けやすいと思われる人で、ぜん息等の呼吸器疾患や循環器疾患のある人、新生児・乳児・妊婦等です。



「**要援護者**」とは、高濃度の二酸化硫黄に覆われた時に**迅速な避難が困難**な人で、幼児、児童、高齢者、障害者等です。

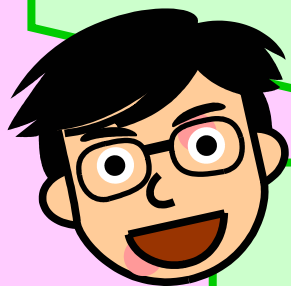


したがって……

基本的な考え方 - 結論

結論：環境基準とは異なる対応が可能

- ある程度の健康影響リスクの受容
- 健康診断で自分の感受性を把握
- 短期、長期の濃度の目安と健康影響の程度の提示
- 情報公開とリスクコミュニケーション
- 十分な安全確保対策



健康影響リスクを
最小限に押さえる
ことが可能



「**リスクコミュニケーション**」とは、専門家が一般の人にリスク評価の結果やそれに基づく様々な決めごと等を一方的に伝えるのではなく、関係者間で種々の情報を相互に交換することです。



リスクコミュニケーションによって、島民の皆さん自身の現状認識・必要な行動・安全対策等についての理解のレベルがあがり、「十分にわかった」と得心した後に、**ご自分の意見を決められればよい**と思います。

健康影響から見た二酸化硫黄濃度の目安 **長期的影響**

長期的影響として注目した、せき・たん症状及び子どものぜん息様症状は、

1. 軽い影響である
2. 治る影響である
3. 濃度と発生率の関係の情報が存在する
4. 諸対策により、長期的影響の発生の増加及び症状の進展を最小限に抑えることが可能

この目安では、長期的影響のリスクは**5%以下程度**に押さえられると思います。



**長期的影響についての
二酸化硫黄濃度の目安**
年平均値が概ね**0.04 ppm**以下
かつ、
1時間値**0.1 ppm**を超える回数が
年間**10 %**以下

参考ですが、環境基準の1日平均値**0.04 ppm**は、年平均値に換算すると**0.02 ppm**位です。



健康影響から見た二酸化硫黄濃度の目安

短期的影響と分類

硫酸ミストが含まれたり、
空気が冷たく乾いていると、
低い濃度で影響を受けます。

高感受性者

レベル 2 警報

0.6 ppm

- ・ 重大な影響を及ぼす可能性
- ・ ガスの吸入を少なくする行動

レベル 1 注意報

0.2 ppm

- ・ 健康影響の可能性
- ・ 発作などを未然に防ぐ行動
- ・ 要援護者に対する配慮

二酸化硫黄濃度
5分値
(ppm)

5.0

2.0

0.6

0.2

一般の人

レベル 4 警報

5.0 ppm

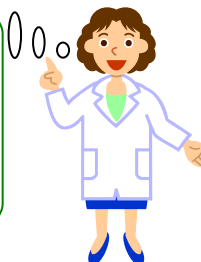
- ・ 重大な影響を及ぼす可能性
- ・ ガスの吸入を少なくする行動

レベル 3 注意報

2.0 ppm

- ・ せきが出たり、
目がチカチカする可能性

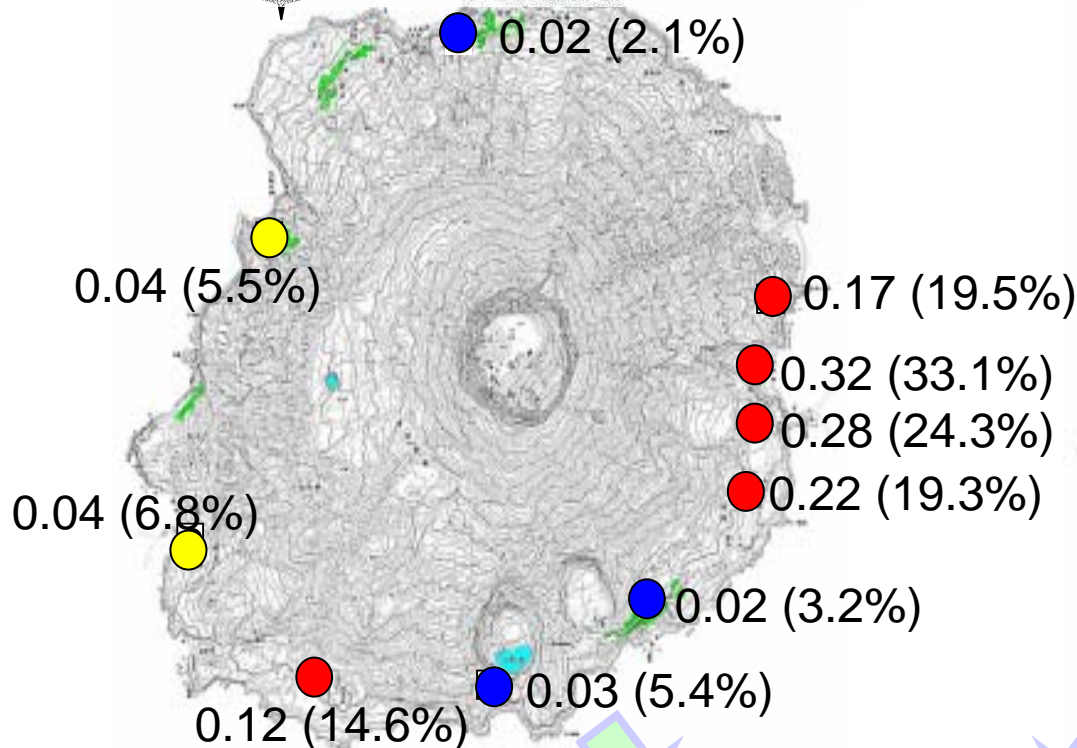
インフルエンザや風邪
などにかかっていると、
低い濃度でも影響を受
ける場合があります。



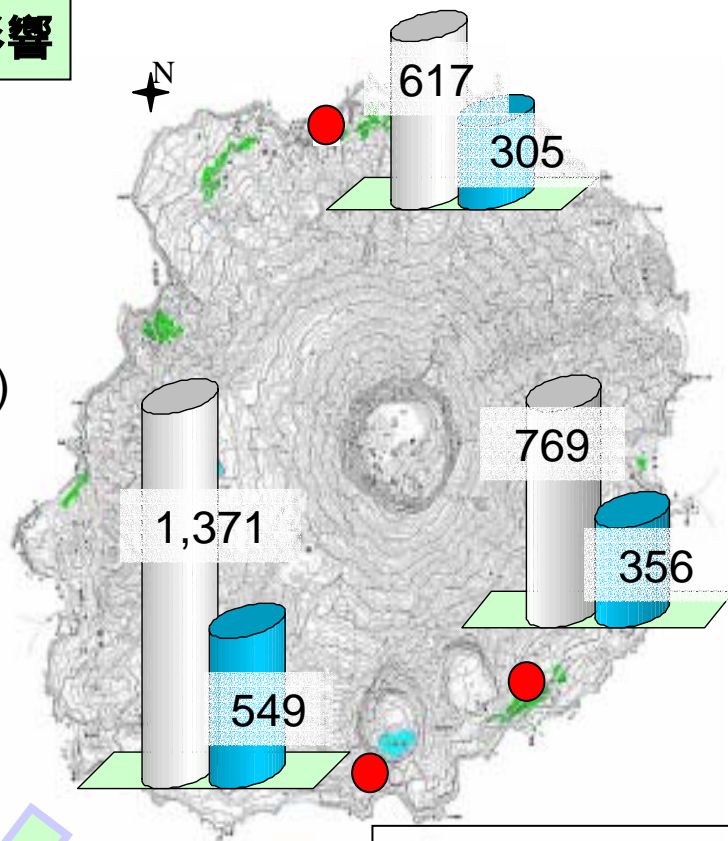
目安の達成度の状況と、現状での結論

長期影響

年平均値ppm
(1時間値0.1ppm以上の割合%)



短期影響



- (1) 帰島後、何の制約もなく**通常の生活**ができる状況とは言い難い。
- (2) 安全と健康影響防止のための、**住民自身の行動、行政の施策、および、両者の協力が必須**

高感受性者にとって
注意を要する
月平均時間(分)

