

感度分析について

(株)三菱総合研究所

主任研究員

長谷川 専

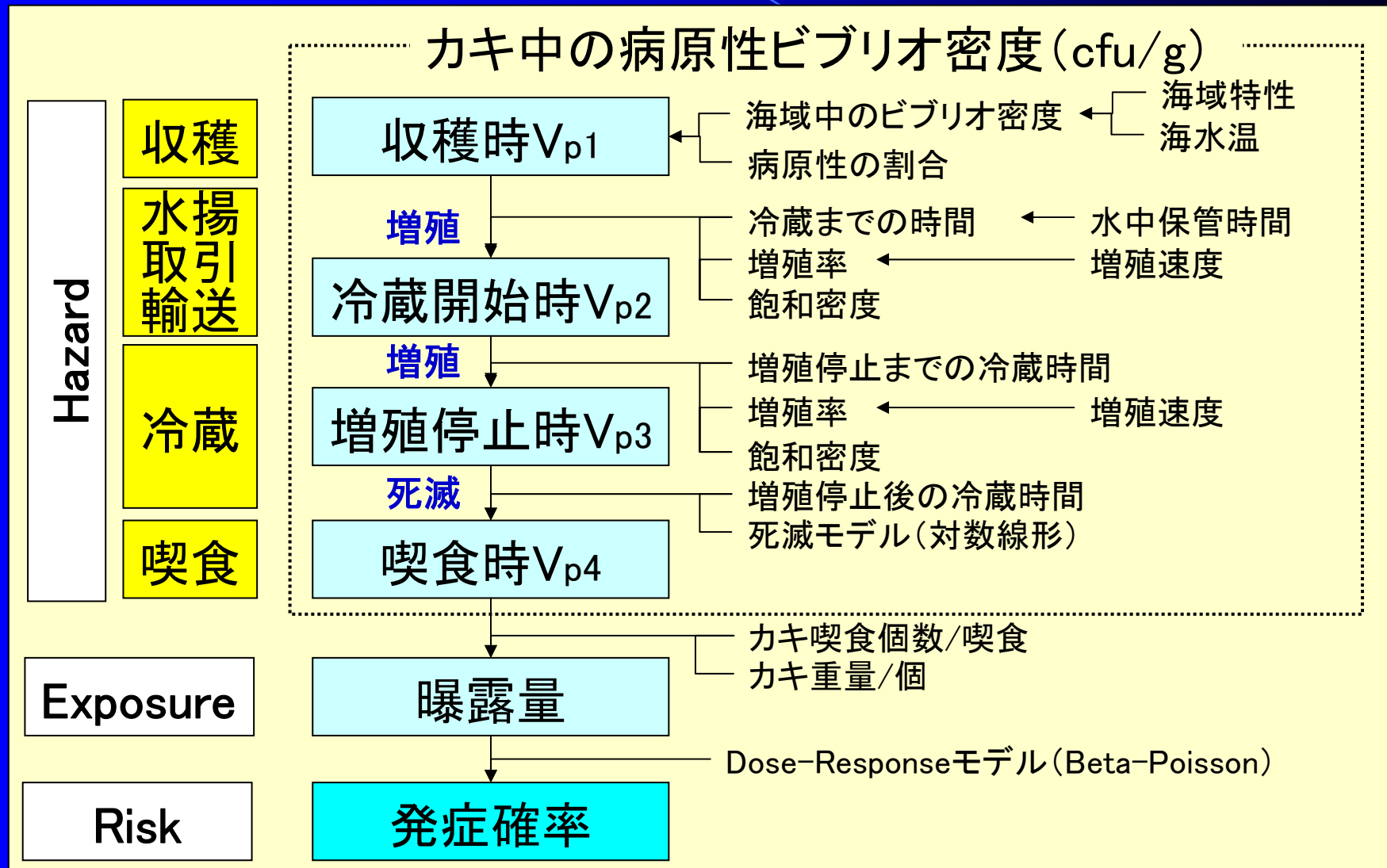
定量リスク評価

食品中に含まれるハザードをどのくらいの量を摂取すれば、どのくらいの**確率**でどの程度の**健康への悪影響**が起きるかを科学的に評価すること」

食品安全委員会「食品の安全性に関する用語集(改訂版追補)」H18.3に基づき作成

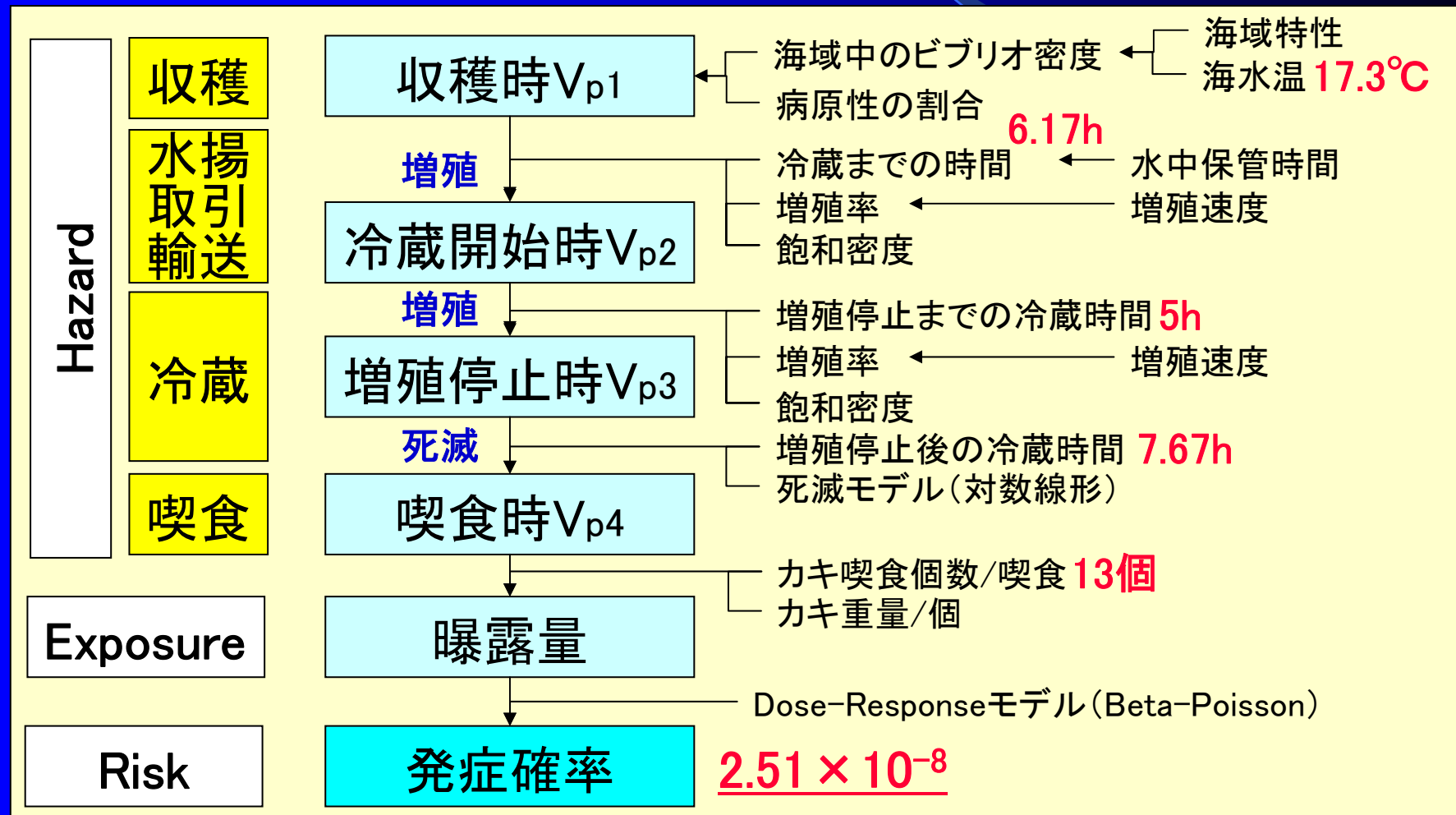
- 悪影響をもたらす主な直接・間接的要因を抽出
- 要因と悪影響との関係を適切に定式化(モデル化)
- モデルを用いて、要因の値(input)を入力し、悪影響の度合い(output)を評価

例) FDA: カキにおける腸炎ビブリオ



決定論的定量リスク評価

- モデルに最も確からしい1値を入力し、発症確率を推定



決定論的リスク評価の問題点

- モデルに入力した値は、最も確からしい値であるといえども、現実には異なる値をとり得る(変動性、不確実性)
⇒入力値の組合せは起こり得る1シナリオに過ぎない
- 入力値が異なる値をとったときに、発症確率が大きく変化するならば、リスク管理やリスクコミュニケーションをミスリードするおそれがある。

感度分析の必要性

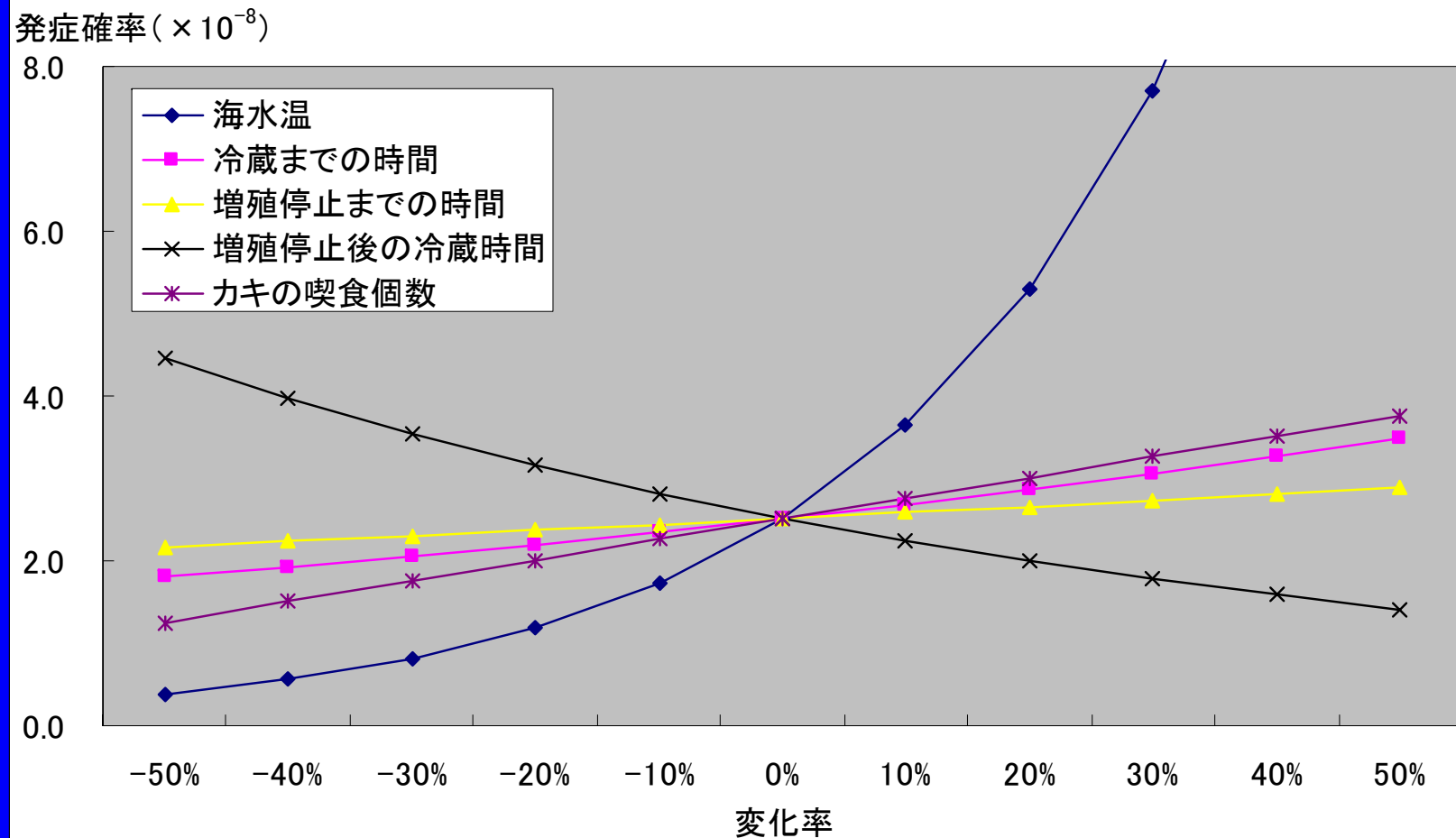
感度分析

モデルに入力した値を変動させたときに、アウトプットの値がどう変化するかを分析する手法

- 1つの値のみを変動させる感度分析
 - 狭義の感度分析
 - ✧ 値を一定の範囲で変動させる感度分析
 - ✧ とり得る範囲で値を変動させる感度分析
- 複数の値を変動させる感度分析
 - ベストケース・ワーストケース分析
 - シナリオ分析
 - 不確実性分析(確率論的リスク分析)

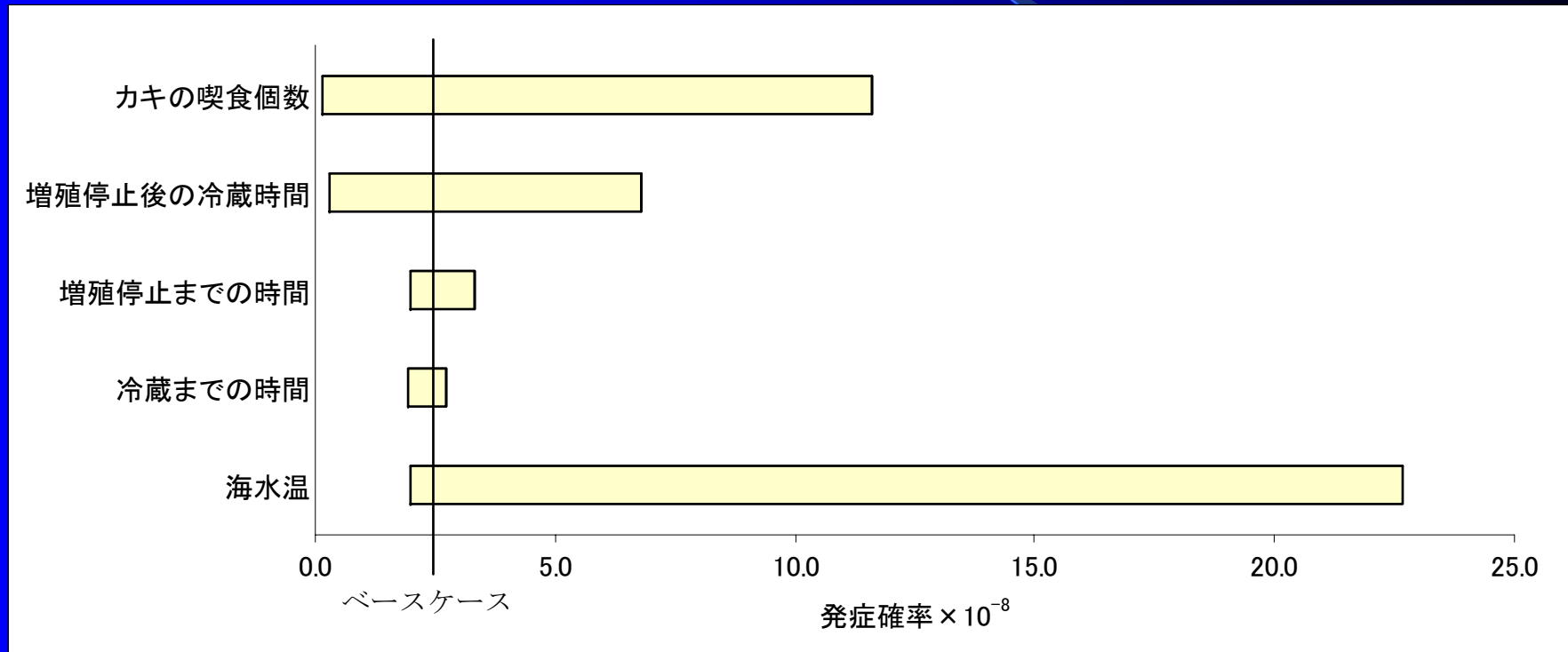
狭義の感度分析(1)

値を一定の範囲で変動させる感度分析(スパイダー図)



狭義の感度分析(2)

とり得る範囲で値を変動させる感度分析



※現実には複数の値が同時に変動する。リスク全体(発症確率がとり得る値の範囲)の把握が不可能。

⇒複数の値を変動させる感度分析の必要性

ベストケース・ワーストケース分析

	ベスト ケース	ベース ケース	ワースト ケース
海水温	11.7	17.3	22.9
冷蔵までの時間	7	11.3	13
増殖停止までの冷蔵時間	1	5	10
増殖停止後の冷蔵時間	21	7.7	1
カキの喫食個数	1	13	60
発症確率($\times 10^{-8}$)	0.00484	2.51	154

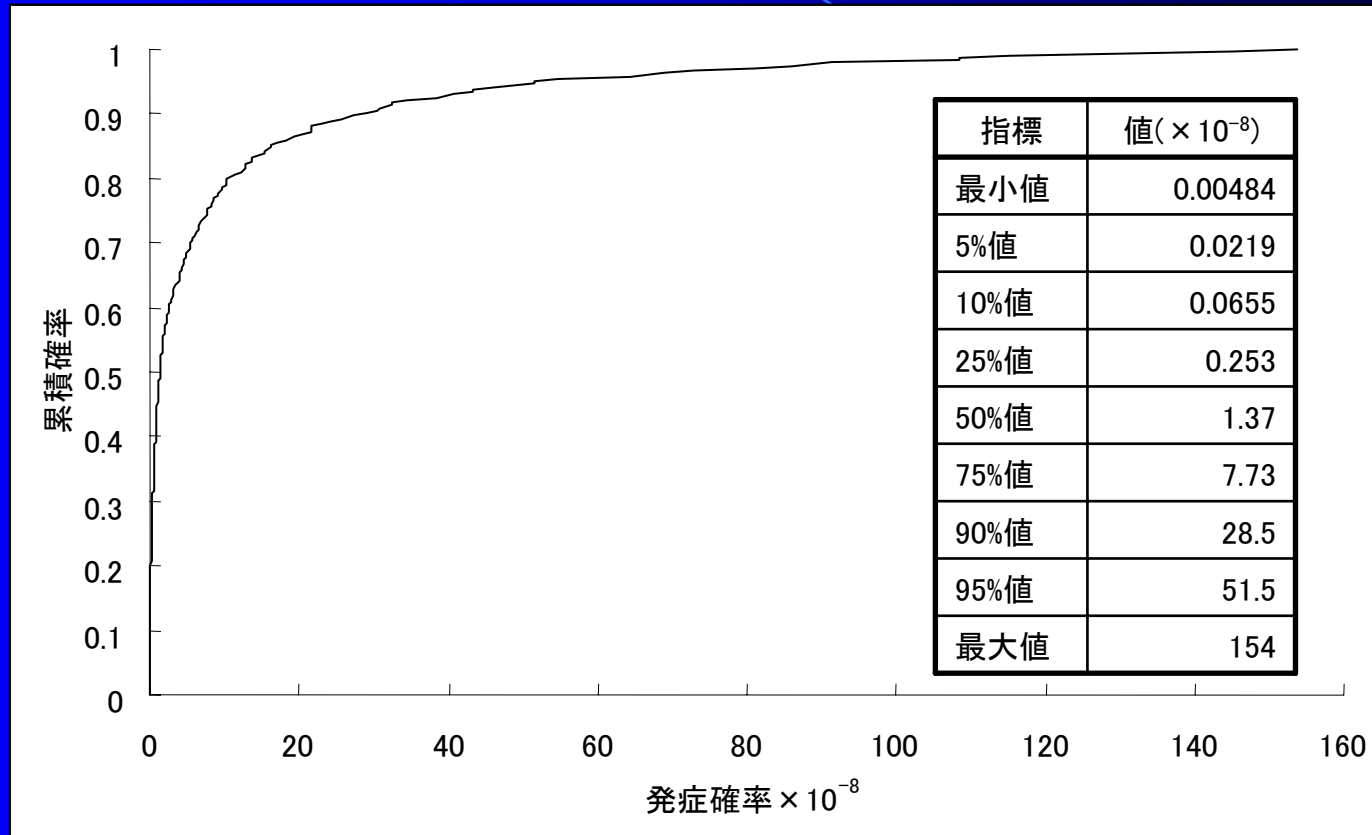
※現実には全ての値がベスト/ワーストになる確率は僅少
⇒いくつかの値を組合せる感度分析の必要性

シナリオ分析

	最小値	最確値	最大値
海水温	11.7	17.3	22.9
冷蔵までの時間	7	12	13
増殖停止までの冷蔵時間	1	5	10
増殖停止後の冷蔵時間	1	6	21
カキの喫食個数	1	12	60

5つの要因に対し3つの値⇒ $3^5=243$ 通りのシナリオが同じ確率で生起すると想定

シナリオ分析



※別のシナリオの存在、各シナリオが等確率で生起するとは限らない(特に端部)

⇒確率分布を用いて全シナリオを表現する感度分析の必要性

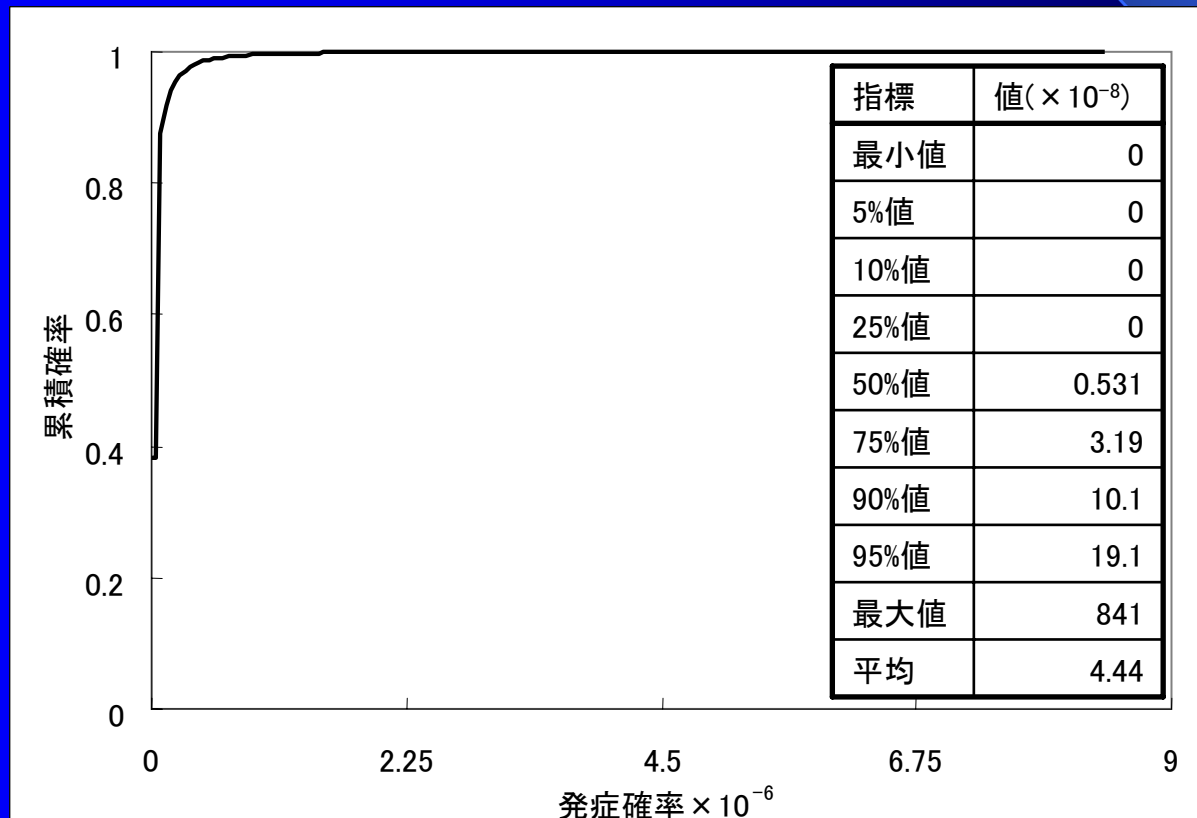
不確実性分析

●モデルの各値に確率分布を適用

プロセス	変数	モデル式
収穫	海水温 T	$T = \text{Normal}(17.3, 3.9)$
	病原性の割合 r_p	$r_p = \text{Beta}(0.46, 244)$
水揚/取引/輸送	水中保管時間 t_1	$t_1 = \text{Pert}(7, 12, 13)$
	冷蔵までの時間 t_2	$t_2 = \text{Uniform}(1, t_1)$
冷蔵	増殖停止までの冷蔵時間 t_3	$t_3 = \text{Duniform}(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)$
喫食	増殖停止後の冷蔵時間 t_4	$t_4 = \text{Pert}(1, 6, 21)$
Exposure	カキ消費個数 N	$N = \text{Discrete}(\{1, 2, \dots, 60\}, \{p_i\})$
	カキ1個の重量 w	$w = 0.9 \cdot \text{Lognorm2}(2.72, 0.345)$
	カキ消費量 W	$W = \text{MAX}(10, \text{MIN}(N \cdot w, 2000))$
Dose-Response	腸炎ビブリオ摂取量 D_{Vp}	$D_{Vp} = \text{Poisson}(E_{Vp})$
	発症確率 I	$I = 1 - \left(1 + \frac{D_{Vp}}{\beta}\right)^{-\alpha}$ $\alpha = 0.52, \beta = 97862872.1745$

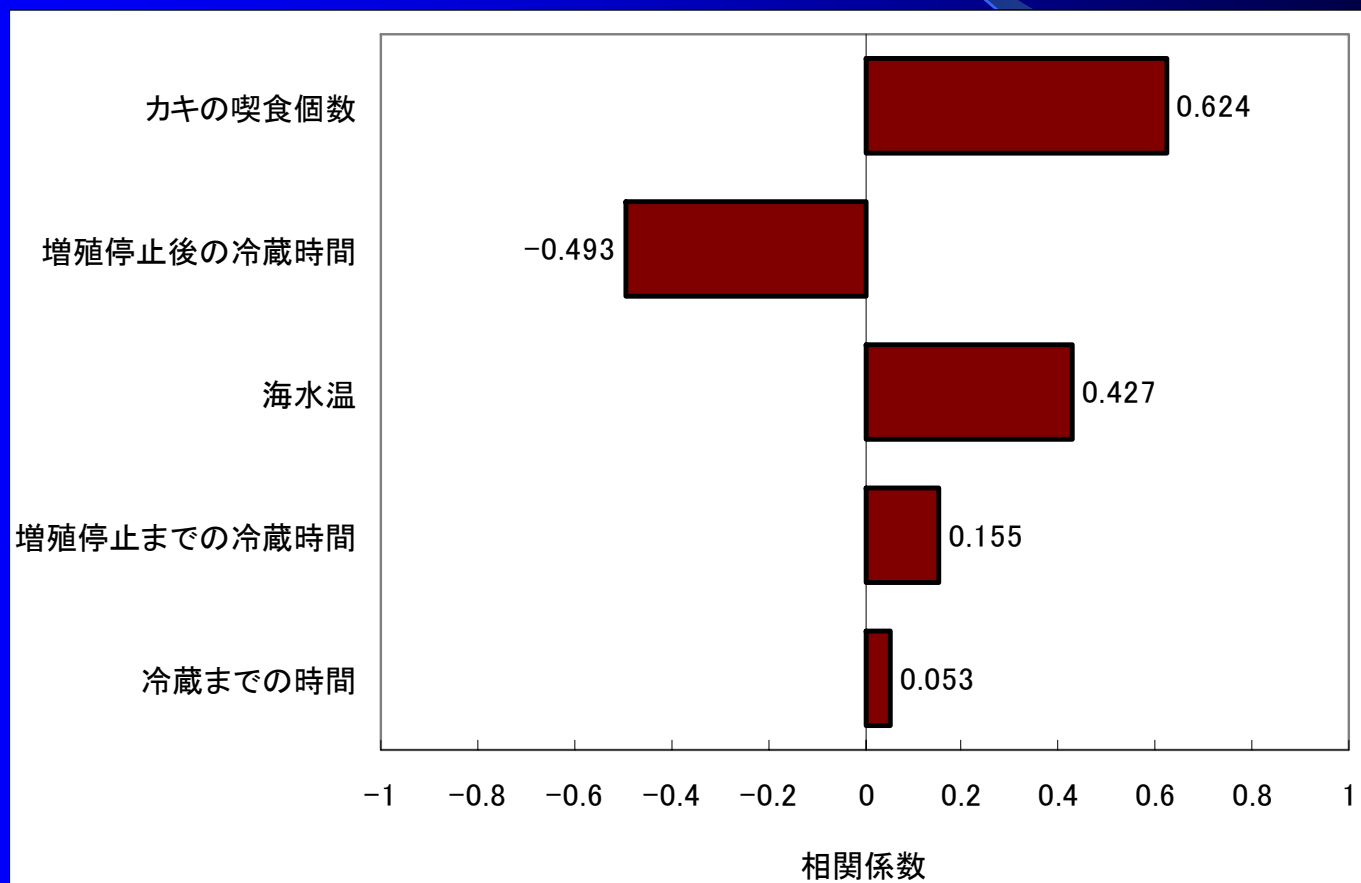
不確実性分析

- モンテカルロシミュレーションによって、極めて多数のシナリオを生成し、擬似的に発症確率の確率分布を得る。



不確実性分析

- 発症確率と各値との相関性



トルネード図

感度分析の意義(まとめ)

	意義	問題点
感度分析	● アウトプットの信頼性、頑健性の把握 ● リスク管理対象の抽出	● 非現実(現実:複数の値が同時変動) ● リスク全体を把握不可
BC WC 分析	● 複数の値を同時変動させた場合のアウトプットの信頼性、頑健性の把握	● 非現実(BC、WCの生起確率は僅少) ● アウトプットのどの値が尤もらしいか把握不可

感度分析の意義(まとめ)

	意義	問題点
シナリオ分析	●各シナリオが等確率で生じた場合の分布の把握可(=概ね確からしいリスクの値の把握)	●各シナリオが等確率で生じるとは限らない ●設定したシナリオ以外のシナリオが発生する可能性 ●リスク全体を把握不可
不確実性分析	●リスク全体の把握可 ●分布の把握可(=確からしいリスクの値の把握) ●リスク管理対象の抽出(トルネード図の作成)	●各要因の確率分布の客観的設定が困難

参考文献

- FDA: “Quantitative Risk Assessment on the Public Health Impact of Pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* In Raw Oysters”, 2005
- David Vose: “Risk Analysis - A Quantitative Guide”, Wiley, 2000.12(長谷川専・堤盛人訳 「入門リスク分析」勁草書房, 2003.7)
- Anthony E. Boardman et al.: “Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice”, 2nd ed., Prentice Hall, 2000.10