

環境システムにおける化学物質の リスク評価と管理

～ 分析と計画 ～

東海明宏

北大院工学研究科

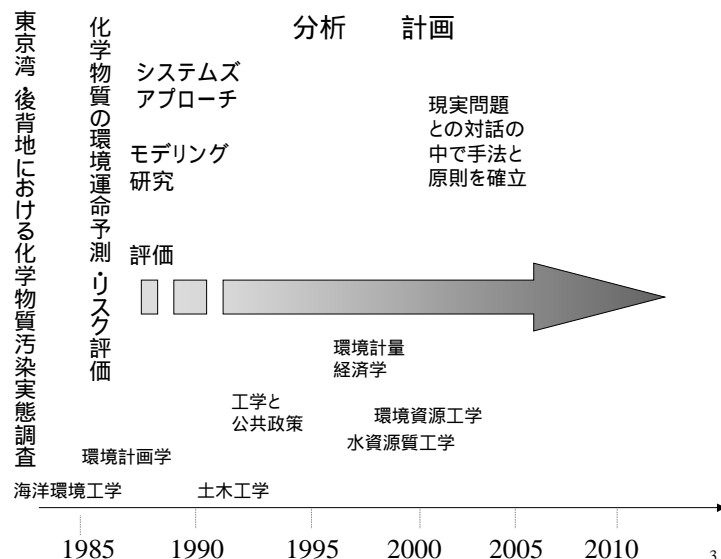
tokai@eng.hokudai.ac.jp

1

要旨

- リスクの潜在場としての環境システムについて述べ、その診断指標、代替案の評価指標としてのリスクに関し、その意義、方法等についてケーススタディとともに解説する。特に、生産・消費・廃棄の過程において多属性をもつ化学物質のリスク評価のケーススタディからリスク管理研究についても若干展望する。

2

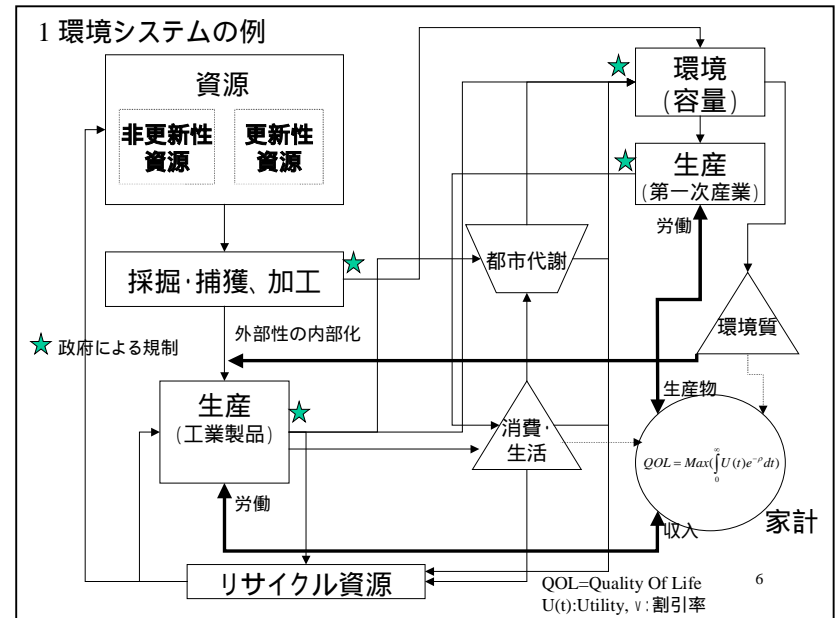
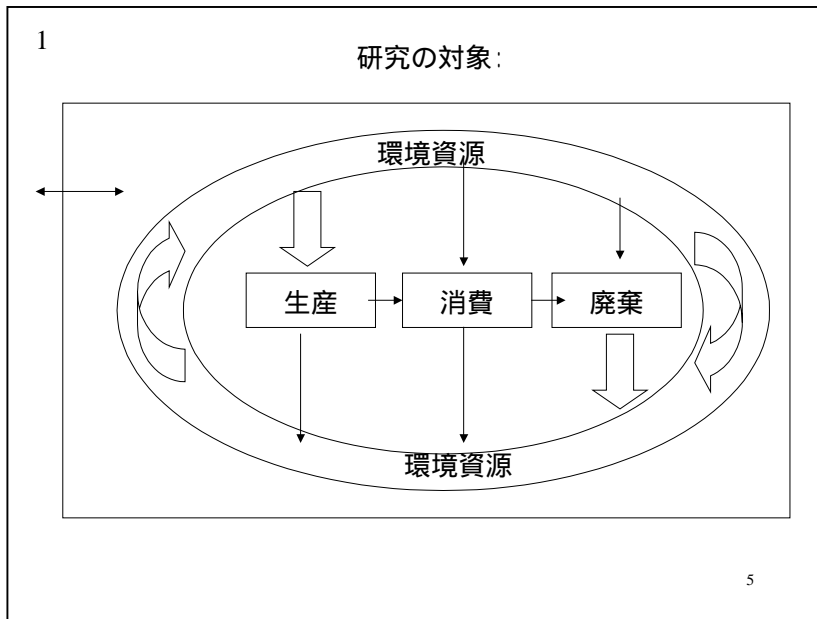


3

発表内容の構成

1. はじめに(5分)
研究の背景、動機付け。
2. 研究概要(35分)
 - 2.1 仕事の範囲・分類、共通の軸やキーコンセプト(10分)
 - 2.2 研究事例:(25分)
 - 2.2.1 化学物質:リスク評価 (10分)
 - 2.2.2 流域管理:統合モデル (10分)
 - 2.2.3 温暖化:知覚されたリスク (5分)
3. 展望(5分)

4



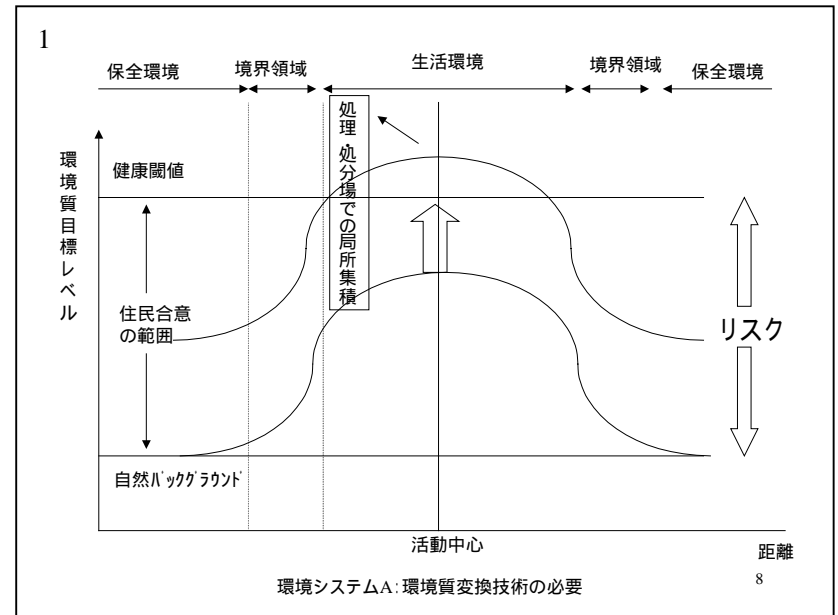
1

経済セクター	環境への負荷			Water			Solid			Air		
	Agri. Min.			Ser.			BOD TSS...			CO ₂		
Agri.	X ₁₁	X ₁₂	...	X _{1n}	O ₁₁	O ₁₂	...	O _{1n}				
Mining	X ₂₁	X ₂₂	...	X _{2n}	O ₂₁	O ₂₂	...	O _{2n}				
Services	X ₃₁	X ₃₂	...	X _{3n}	O ₃₁	O ₃₂	...	O _{3n}				
Water	N ₁₁	N ₁₂	...	N _{1n}								
Land	N ₂₁	N ₂₂	...	N _{2n}								
Air	N ₃₁	N ₃₂	...	N _{3n}								
労働力	N ₄₁	N ₄₂	...	N _{4n}								

環境資源

物質・製品の環境動態

7



1

リスク評価の中間項

$$\Delta Risk = Population \times \frac{Consumption}{Capita} \quad \dots \text{社会科学}$$

$$\times \frac{Emission}{Consumption} \times \frac{C_{env}}{Emission} \quad \dots \text{工学}$$

$$\times \frac{\Delta Dose}{C_{env}} \times \frac{\Delta Risk}{\Delta Dose} \quad \dots \text{医学・薬学}$$

9

1

指標としてもちいられたリスクの意義

1. 環境制御目標値の根拠を与える。
- 物質、製品の流れをコントロール。

2. How safe is safe enough? リスクにレベルの管理目標、手段、条件を提示。

10

1

表 1 リスクの類型比較・評価・管理

	入力情報	出力の例	目的	技法
類型化	<ul style="list-style-type: none"> Perceived risk-actual risk Unknown-known Deard-undread 	<ul style="list-style-type: none"> リスクの分類 リスクの性格 	<ul style="list-style-type: none"> リスクの属性を把握 	<ul style="list-style-type: none"> 構造分析
比較	<ul style="list-style-type: none"> 有害性 頻度 曝露人数 	<ul style="list-style-type: none"> 摂取量 摂取量 / ADI 曝露濃度 / ベンチマーク濃度 	<ul style="list-style-type: none"> リスク因のスクリーニング 	<ul style="list-style-type: none"> データ収集 空間的比較 時間比較
評価	<ul style="list-style-type: none"> 曝露量 被害関数 用量反応 クライテリア 	<ul style="list-style-type: none"> 発癌リスク 生態リスク 平均余命 	<ul style="list-style-type: none"> リスクの見積 	<ul style="list-style-type: none"> 運命予測 曝露解析
管理	<ul style="list-style-type: none"> 発癌リスク 生態リスク 平均余命 	<ul style="list-style-type: none"> 代替案 	<ul style="list-style-type: none"> 単一的最適化 複数目的トレードオフ 代替案順位づけ 	<ul style="list-style-type: none"> トレードオフ解析 制約条件 アクセプタンス

11

研究概要 2.1 研究の対象

対象	現状	目標	制約	課題	
				技術的課題	政策的課題
化学物質	上市前評価	次世代影響への対応	生産サイドへの影響	エンドポイントの検索 対象物質の限定	研究投資額
流域水資源	流量制御 浄水処理 下水処理	水量水質管理	用途別水質別要求	水循環プロセスのモデル化 総合影響評価モデル	発生源管理の高度化
廃棄物	処理・処分 依存型のシステム	資源備蓄・廃棄物管理型システム	埋立地の立地場所	有機性廃棄物のリサイクルシステムの導入	Extended Producer Responsibility から Extended Consumer Responsibility へ
温暖化	GHG 排出抑制対策	都市の代謝システムの再構築	対策費用 perception gap	統合モデルによるシナリオ分析	他のリスクとの比較 間接影響評価

12

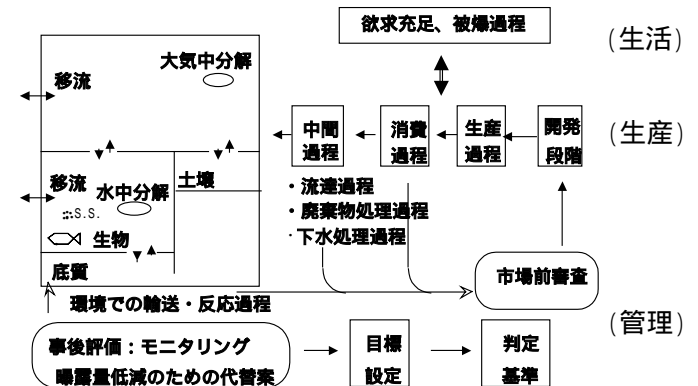
2.2 研究事例

- (1) 化学物質
- (2) 水資源質
- (3) 知覚されたリスク

13

2.2.1

化学物質利用と環境リスク



14

2.2.1

化学物質のリスク管理が必要とされる理由

・上市前評価では、多様な使用実態に対応した評価ができない。化学物質のライフステージ毎のリスク評価にもとづく管理が必要。

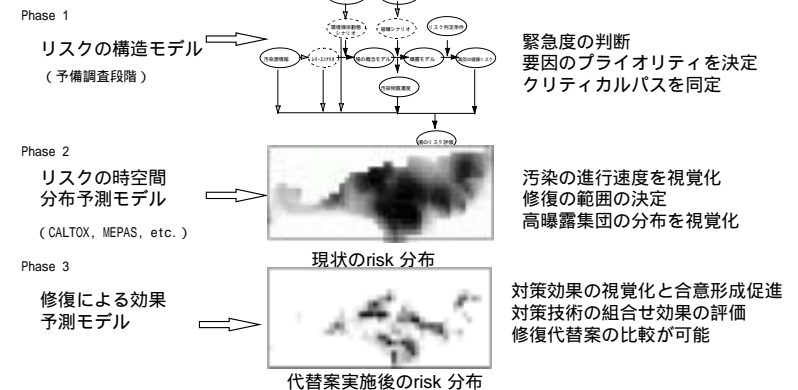
・影響判定点が、知見の入手とともに変化する。ので予防原則が必要とされる。不十分なデータではあっても方針をきめなければならない。

15

2.2.1

濃度（場、汚染物質） ⇒ リスク（場、汚染物質、被曝条件）

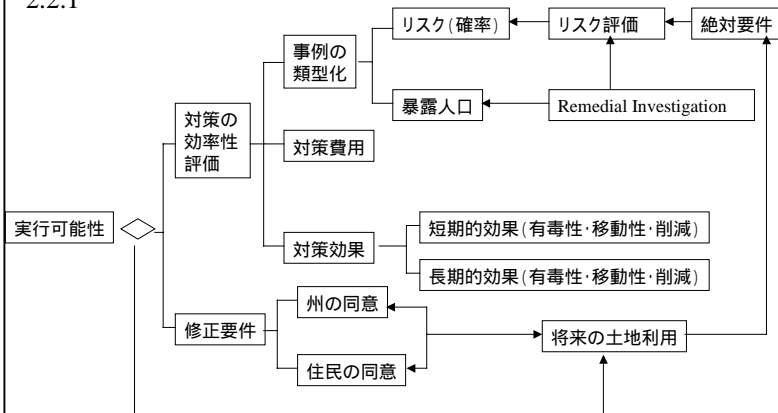
機能 技法・結果 利点



汚染診断修復におけるリスクシミュレーションの役割

16

2.2.1



汚染サイトの修復対策発動に必要な要件の階層構造

17

2.2.2

流域管理の必要とされる背景

・流域システムの境界条件の変化

－ 入力条件

- ・人口の集中にともなう環境負荷の増加
- ・製品生産・流通・消費過程からの負荷

－ 出力側

- ・評価基準の強化(物質数、濃度レベル)
- ・評価視点の変化(健康、アメニティ、生態)

18

2.2.2

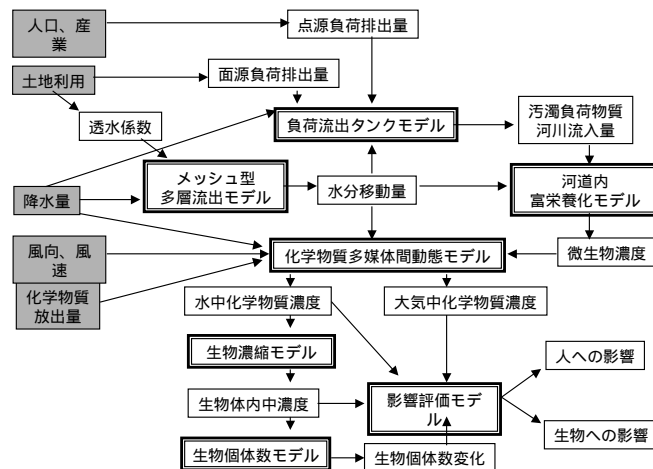
流域環境評価システムの特徴

	BASIN ver.2.0	GREAT-ER	本研究
開発主体	USEPA Office of Water	欧州化学会社を中心とする産・学・官のコンソーシアム	
公開年(開始年)	1996.9～	(1996～)	(1996～)
目的	流域管理で発生する点源、非点源汚濁の管理	生産・消費・廃棄に伴う有害化学物質のリスク評価	流域での水量、水質、水生生物への影響予測
動機	データ管理の一元化・効率的利用	化学物質の環境へのリスクを共通の枠組みのもとで相対評価	人間活動系・水循環系・被影響系の統合モデルによって流域の評価を行う
現到達段階	国内全域を対象としたシステムが稼働	欧州全域を対象	河川流域を対象

19

2.2.2

流域モデルの全体構成



20

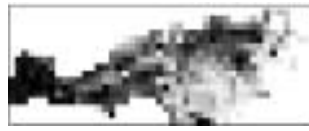
2.2.2

対象流域の土地利用分類

対象流域：愛知県庄内川系矢田川流域



分類1(山地)



分類4(都市)



分類2(水田)



分類5(水域)



分類3(畑地)



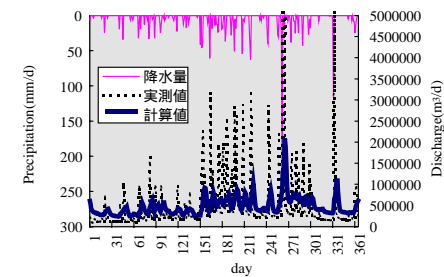
人口の分布

21

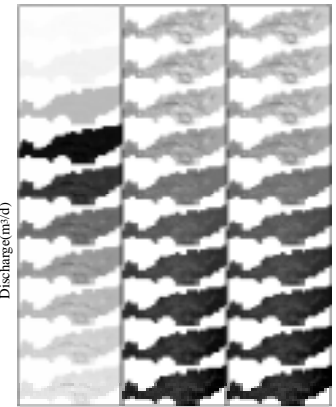
2.2.2

流出モデルの適用

・ A層：50cm B層：1m C層：4m



最下流点での1年間の水分流出傾向



降水時における各層貯水高の変化

22

2.2.2

化学物質多媒体間動態モデルの適用

化学物質濃度の空間的分布(12月31日24時)



大気中LASの分布



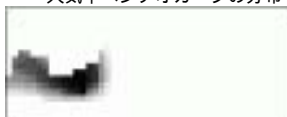
土壌中LASの分布



大気中ペンチオカーブの分布



土壌中ペンチオカーブの分布



大気中ダイオキシンの分布

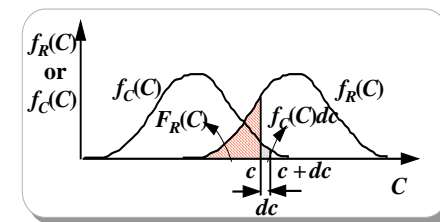


土壌中ダイオキシンの分布

23

2.2.2

モーメント法の適用



環境中濃度Cが生物耐性Rを超える確率値 P_f
(生物の死滅確率)

$$P_f = P(R < C)$$

$$= \int_0^{\infty} F_R(c) f_c(c) dc$$

c

濃度 c の出現頻度

$$= 1 - \Phi\left(\frac{\mu_R - \mu_C}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_C^2}}\right)$$

：標準正規分布関数

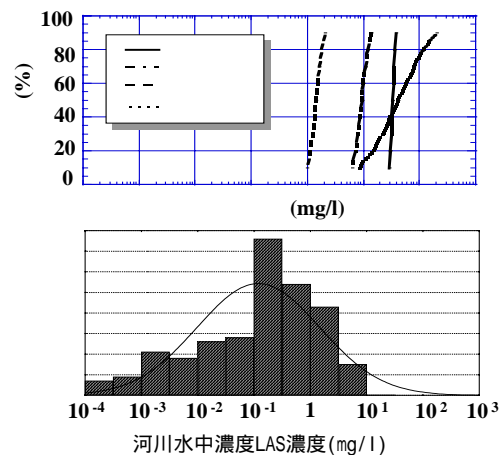
μ ：平均

σ ：標準偏差

24

2.2.2

用量 - 反応関係と環境中濃度の分布の関係



25

2.2.2

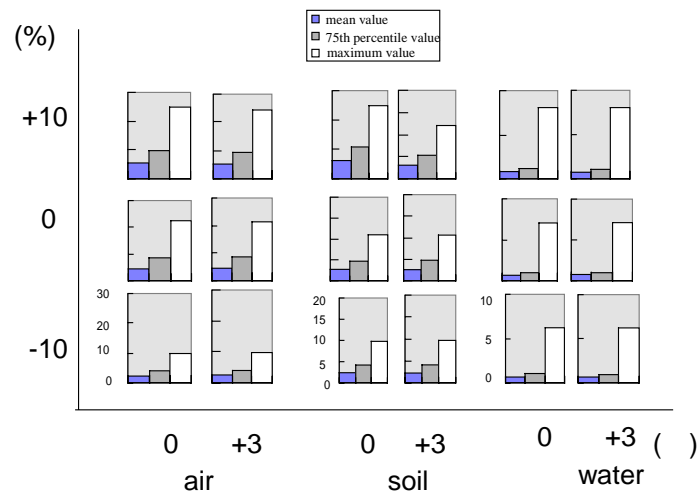
温暖化に対する流域の応答： Scenario analysis

		T()	
		0	3
P(%)	-10	A	B
	0	C(Base case)	D
	+10	E	F

26

2.2.2

Results: Spacial Distribution of benthocarb



27

2.2.2

まとめ

1. 流域管理ツールの開発により人間活動・汚濁伝播・被影響系をつなぎその枠組みの中で化学物質のリスク評価を行った。その結果、場の特性を反映した評価が可能となった。毒性影響(リスク)を考慮した、物質使用(土地利用)の方法の提案の筋道。

28

温暖化のリスク: 人々の意識構造を介したリスクの把握

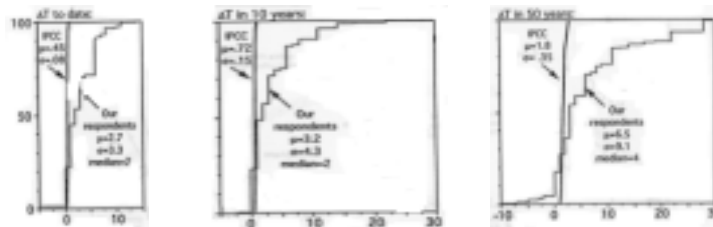
- What do people know about climate change?
- What difference can be seen in the perception of climate change issues between US and Japanese samples?

Questionnaire survey

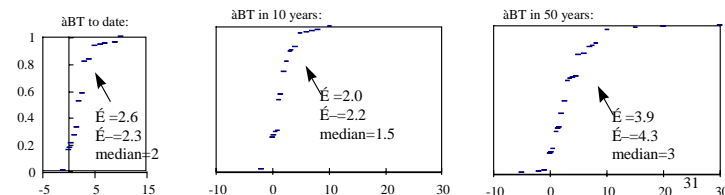
- Survey period: July - September 1993
- Sample size: 130
- Subjects: Japanese well-educated lay people who live in the Kansai area (Osaka, Kyoto, JAPAN). All of them were non-technical college students.

Has warming occurred? And how much?

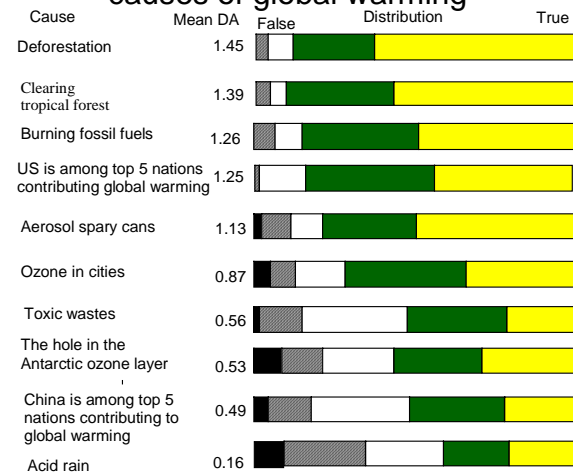
U.S.:



Japanese:

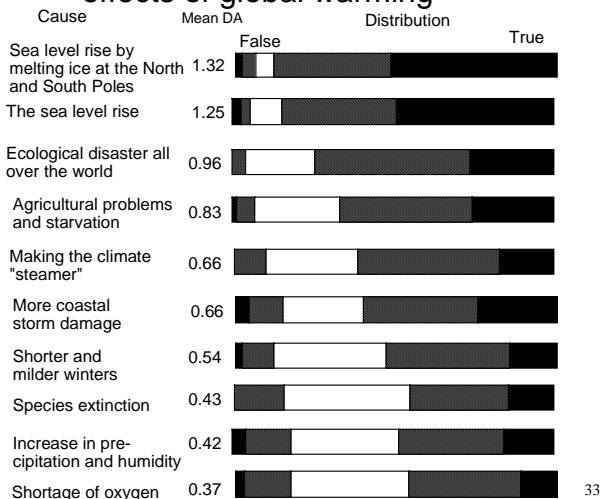


Response to closed-form questions about causes of global warming



DA: Degree of agreement

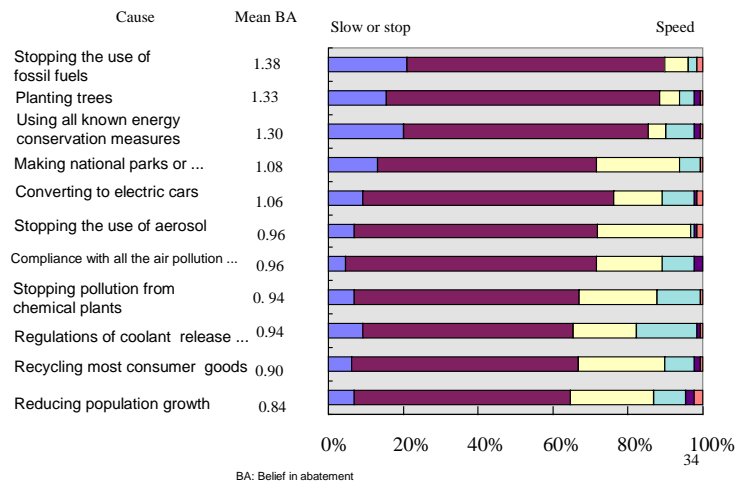
2.2.3 Response to closed-form questions about effects of global warming



33

2.2.3

Response to closed-form questions about the likely impact on global warming of various strategies



BA: Belief in abatement

34

3

今後の研究の展望

1. 生産過程で使用されている化学物質の管理

- モニタリングのシステム化
- リスク管理原則の選択ルール
- 製品流れにおける化学物質の管理
- 深層防護の具体化

2. リスク評価の情報の価値

- 意思決定のために必要な追加情報
- 研究課題の優先順位をつけること

35

3

現象

監視要因

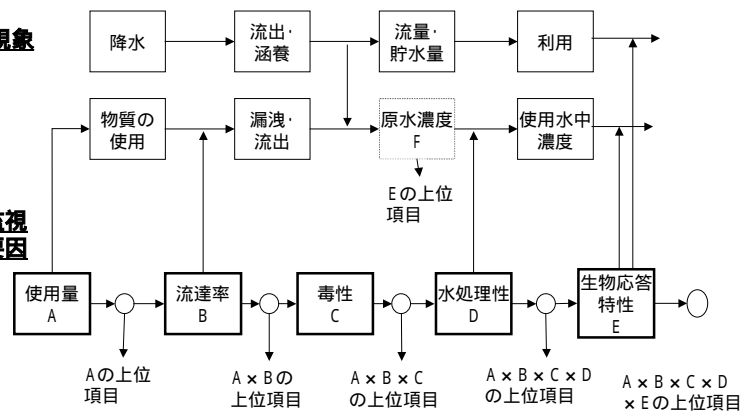


図 - 監視体制の例

36

表 - 1 リスクのクライテリア

クライテリア	意味	根拠・法律等
Zero risk ゼロリスク	禁止による完全なコントロール。物質は安全と証明されねばならない。	食品医薬品におけるデラニー条項(1998年廃止)
To the extent feasible 実行可能な範囲で	実行可能であること。費用便益分析は不適切である。毒物に対し、人や労働者の健康を守る。	OSHA section 6(b)(5),21
De minimis とるに足らないリスク	無視しうるレベルのリスク。	Clean Air Act TSCA
Natural standard 自然リスク	自然現象に由来するリスク。	(広く、社会に普及している)
Unreasonable risk 不当なリスク	リスクを削減するための対策の費用と便益を考慮する。	TSCA5(f)
Significant risk 重大なリスク	費用、便益は考慮しないが技術は考慮する。	最上の安全が要求される (OSHA, (6)(b)(5)29)
Adequate margin of safety 十分な安全の幅	大気汚染物質 (SO ₂ , CO, TSP, HC) 人口集団のうち感受性の高い集団を守る。	Clean Air Act for Primary and secondary national ambient air quality standards.
Reasonable necessary or appropriate 必要または適切な	費用と便益の比較考量が求められる。	TSCA, sec. 4(f),15
Ample margin of safety 十分な安全の幅	Clean Air Act 108 で網羅されていない大気汚染物質 (Be, Hg, asbestos) 費用、便益は考慮しない。	実行可能な最善の技術によっても残留するリスクの考慮を含む。Clean Air Act 112
As low as reasonable achievable(ALARA) 実行可能な限り低く。	個人と社会のリスク。個人のリスクに対しては低い確率を、後者に対しては期待値を用いる。	集団のリスクは或る値に設定される。更なる集団のリスクの削減のための費用・有効度分析

(Paustenbach,1991)

深層防護

