

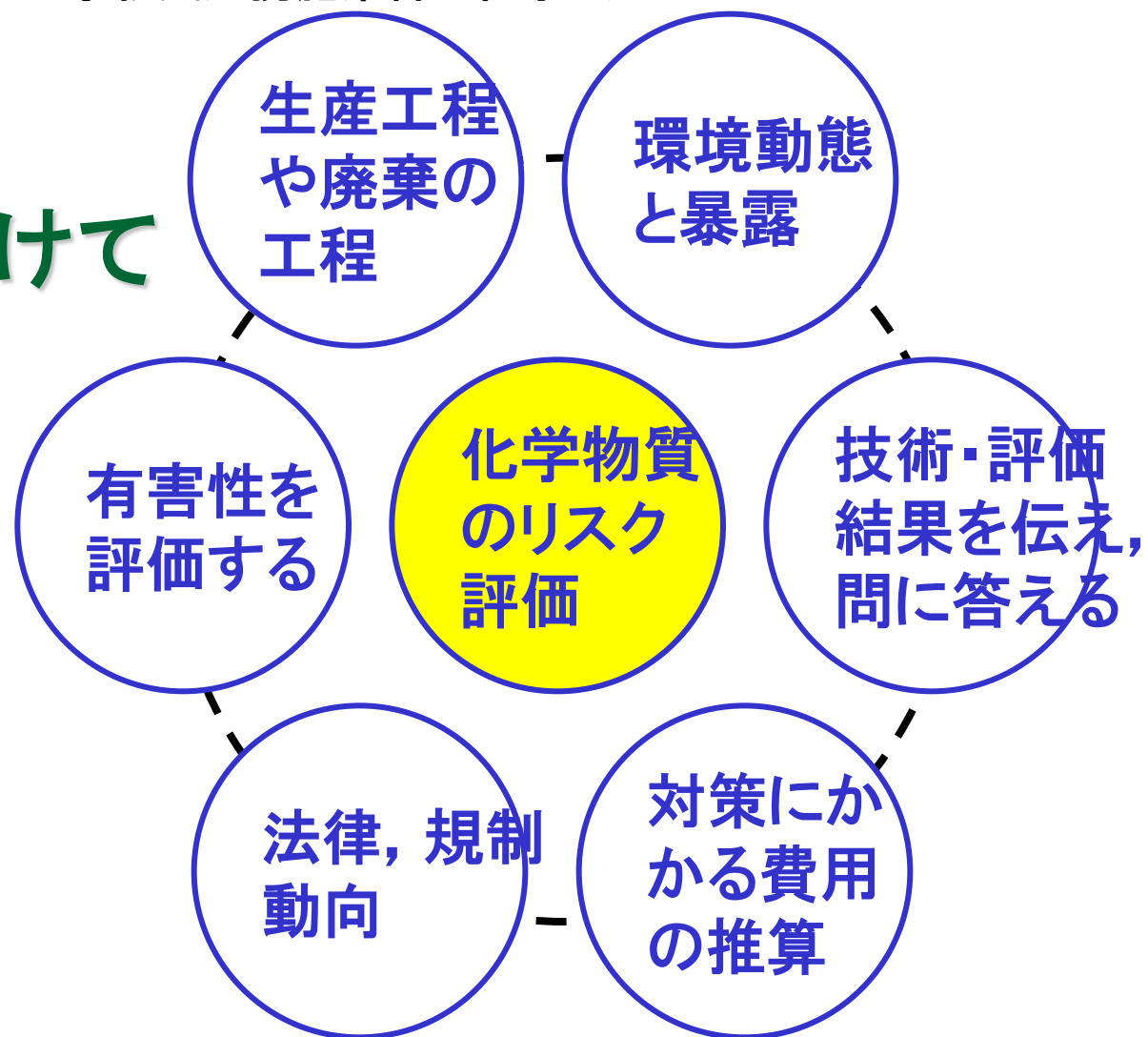
平成23年度 NITE化学物質管理センター 成果発表会

化学物質管理におけるリスク評価の展開

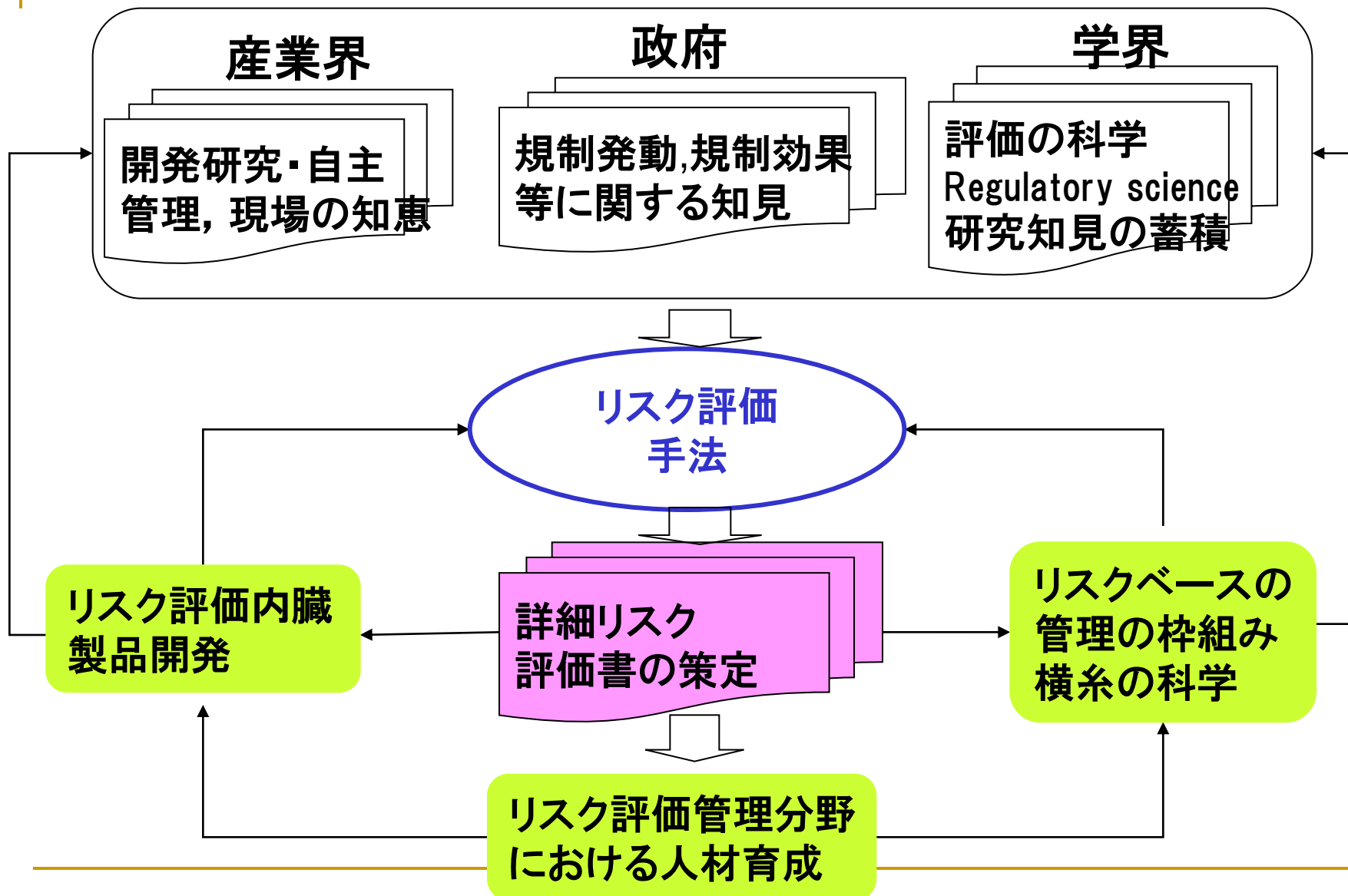
大阪大学大学院工学研究科

環境・エネルギー工学専攻 東海明宏

さらなる 基盤形成に向けて



詳細リスク評価書の策定を通じた生産物



まとめ

■リスク評価の役割とは、関係者がいかにリスクと付き合うか、そのための「助言」を構築することである。

■リスク評価の基盤形成には、縦系の教育・研究(伝統的分野)に敬意を払いつつ、横系の学問を体系づける試みが必要といえる。

■基盤形成にむけてのポイントは、先の図に示した一人で、分野融合ができる人材の育成である。

■ 本日の内容 ■

1. テクノスケープ
2. リスクの評価が必要となる理由
3. リスク評価の展開
4. おわりに

1. テクノスケープ

Techno-scape: 産業の風景、技術の風景

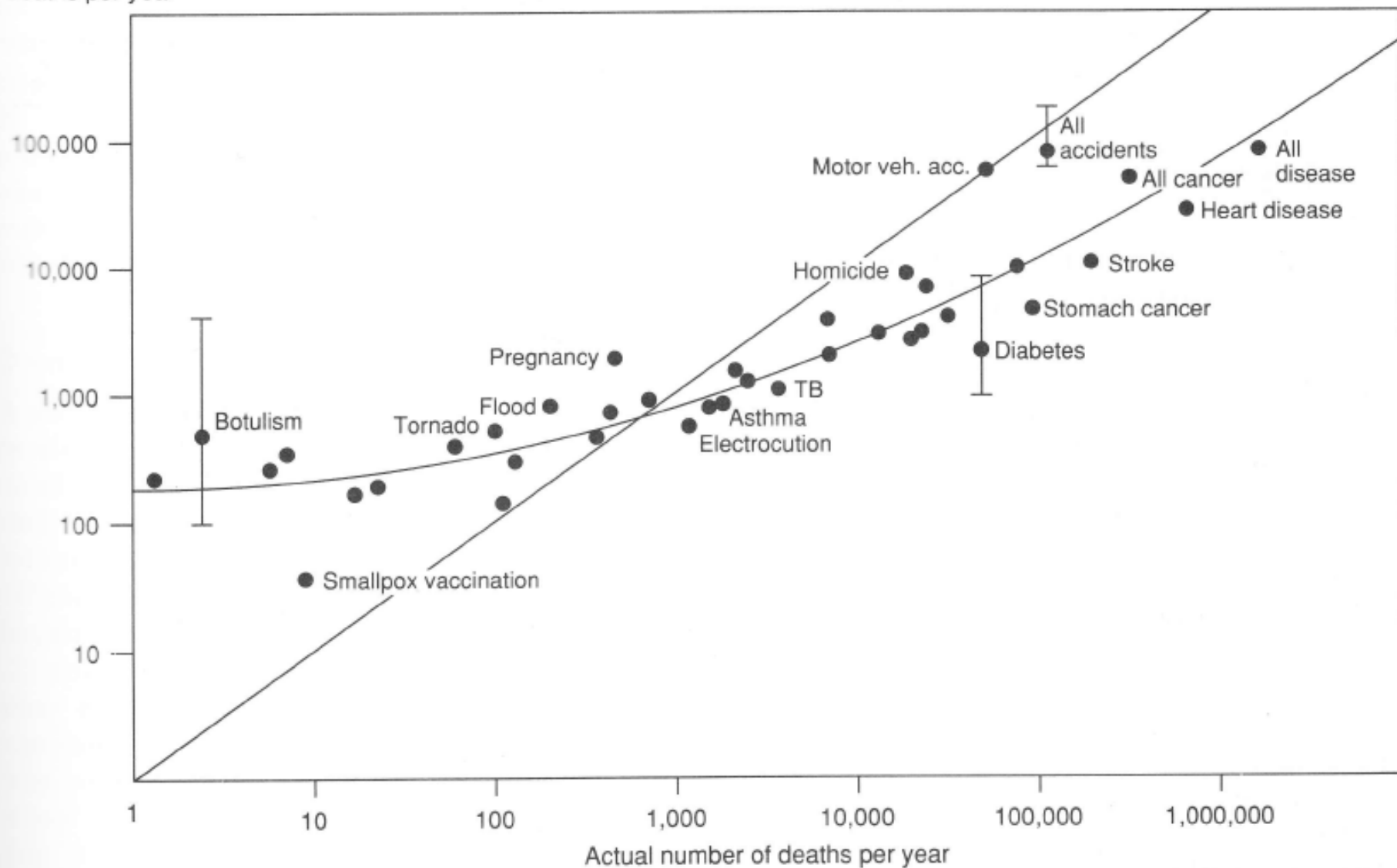
市民が工学技術を理解するさいの最初の入り口は、技術が使われている現場や製品の姿・形を見ることだろう。市民が科学や技術およびそこから産物を見て、市民の意識に写し取られた姿を“技術の風景”ということばをあてた。

専門技術者は、技術の内部構造(メカニズム、機構、役立つこと、危険性、その他)。これらの視点の違いが、さまざまな、かい離を生む。

過大視されやすいリスク

...そしてその逆

Estimated number of deaths per year



第一因子 以下の**二項対立**用語をとりあげ、(-2, -1, 0, 1, 2)の得点をつける。

コントロールできる	⇔	コントロールできない
(影響がでるまで)遅延する	⇔	遅延しない
地球的規模の壊滅的ではない	⇔	地球的規模で壊滅的な
影響は致命的ではない	⇔	影響は致命的である
皆に等しくふりかかる	⇔	皆に等しくは降りかからない
個人にふりかかる	⇔	壊滅的な
未来世代に対しリスクは低い	⇔	未来世代に対しリスクが高い
容易に減じることができる	⇔	容易には減じえない
リスクは減りつつある	⇔	リスクは増加している
自己原因性のある	⇔	自己原因性のない

第二因子

観察できる	⇔	観察できない
曝されていることに気づく	⇔	曝されていることに気づかない
影響は急性的	⇔	影響は後になって現れる(遅延がある)
古いリスク	⇔	新しいリスク
科学的に解明されている	⇔	科学的には未解明である

一般に同一のサンプルについてなんらかの相関関係があるp種の変量 (x_1, x_2, x_3, x_p) ($p > 2$)が定義されている。

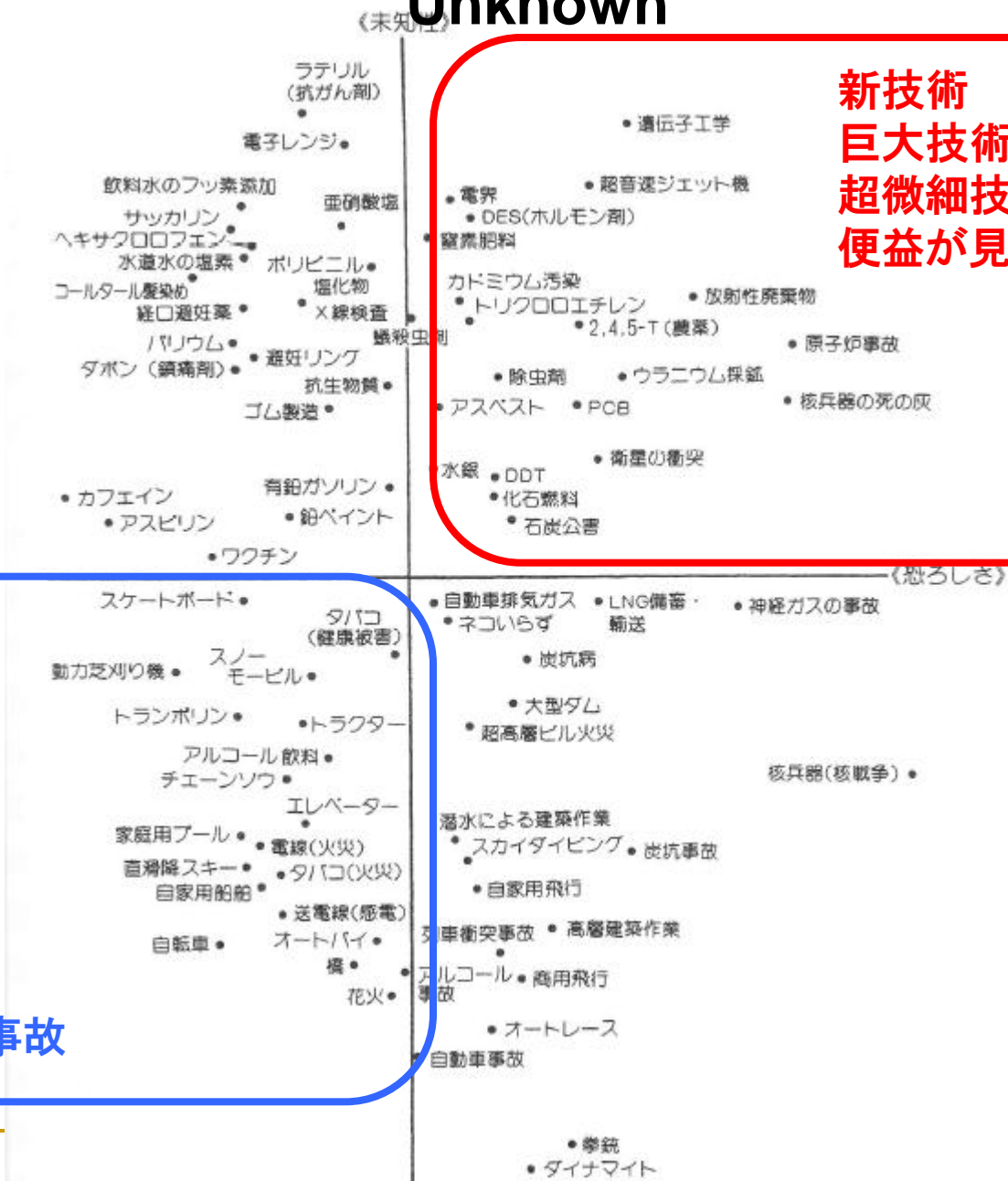
測定されたN組のデータ (x_1, x_2, x_3, x_p) (二項対立データセットがN組)がえられたとする。これを多変量データと呼ぶ。これら、N組のデータは、それぞれ、p個の変量が相互に関連しあって変動しているとみなせるから、これを説明する関数として、p個の**変量の一次結合zを仮定し(合成変数をつくる)**、次の条件でzの分散が最大とするようなzをもとめる。これを第一主成分とよぶ。このときの係数を l_{1j} であらわすと、次のとおり。

$$z = l_1 x_1 + l_2 x_2 + \cdots + l_p x_p$$

$$\sum_{i=1}^p l_i^2 = 1$$

$$z_1 = l_{11} x_1 + l_{12} x_2 + \cdots + l_{1p} x_p$$

Unknown



新技術
巨大技術
超微細技術
便益が見えにくい

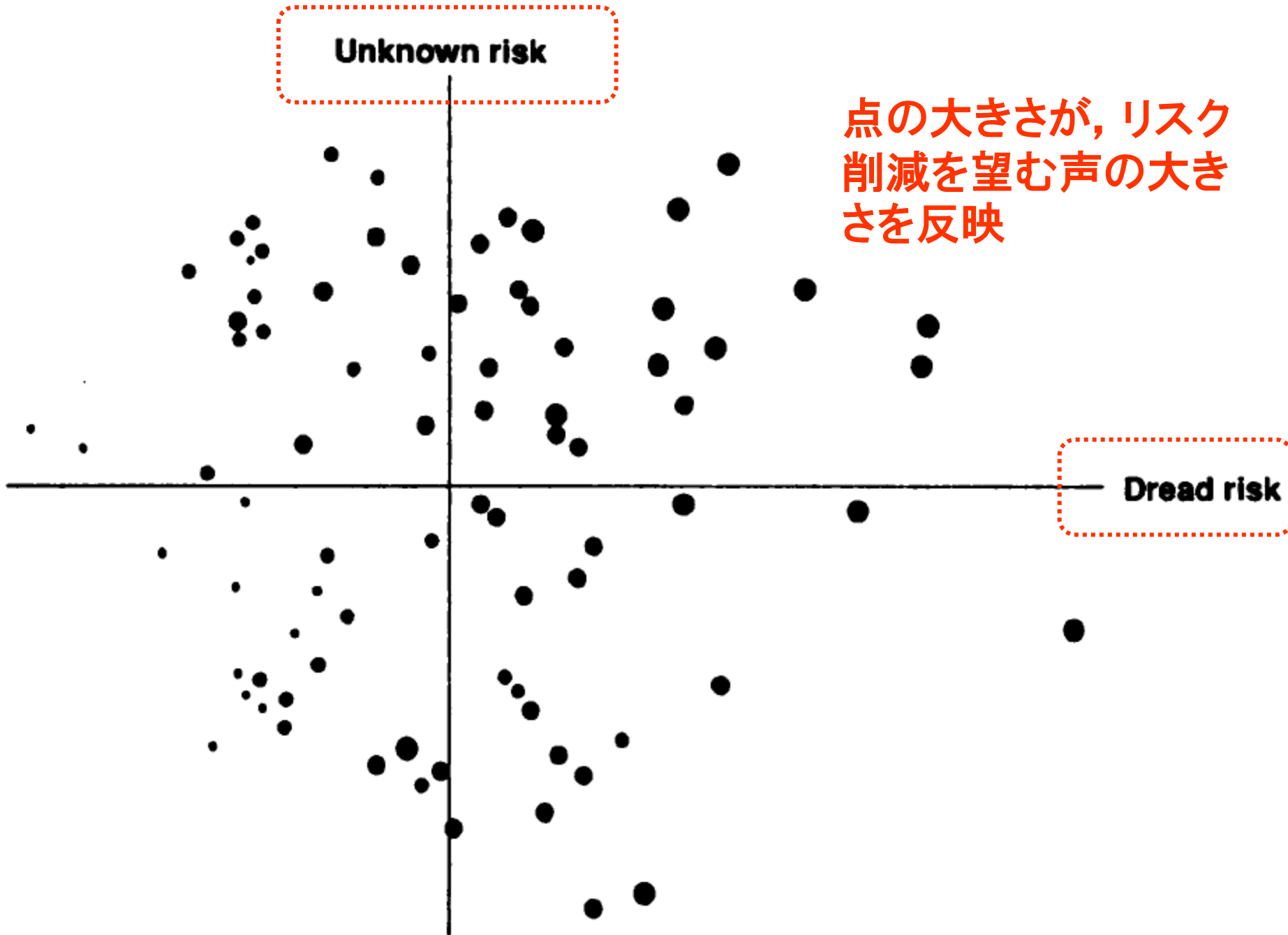
Dread

日常的に
使う技術
ありふれた事故

Unknown risk

点の大きさが、リスク削減を望む声の大きさを反映

Dread risk



被害者 => 原因企業 => 業界全体へ => 他の技術へ波及

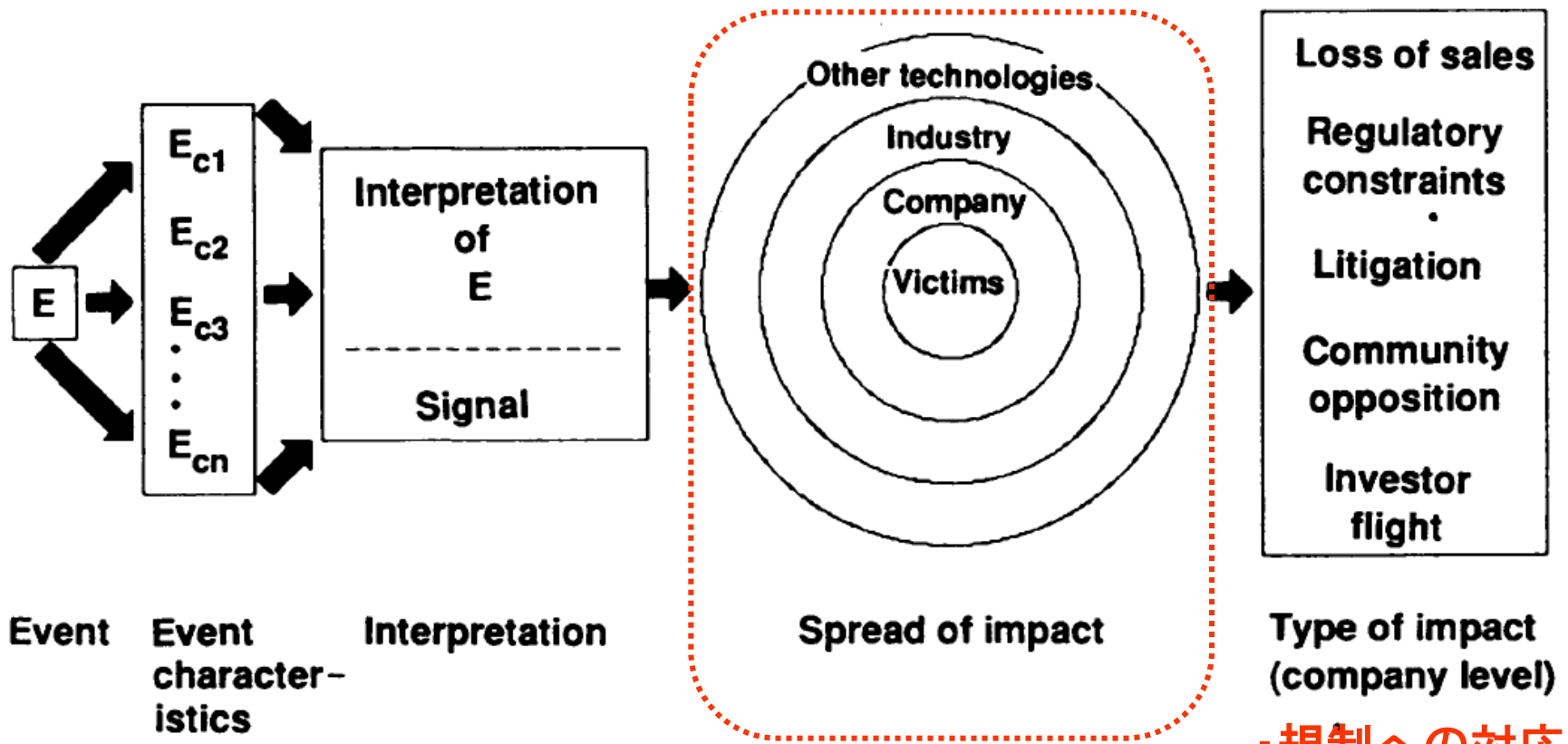


Fig. 3. A model of impact for unfortunate events.

- 規制への対応
- 訴訟の発生
- 社会との対立
- 投資家が逃げる

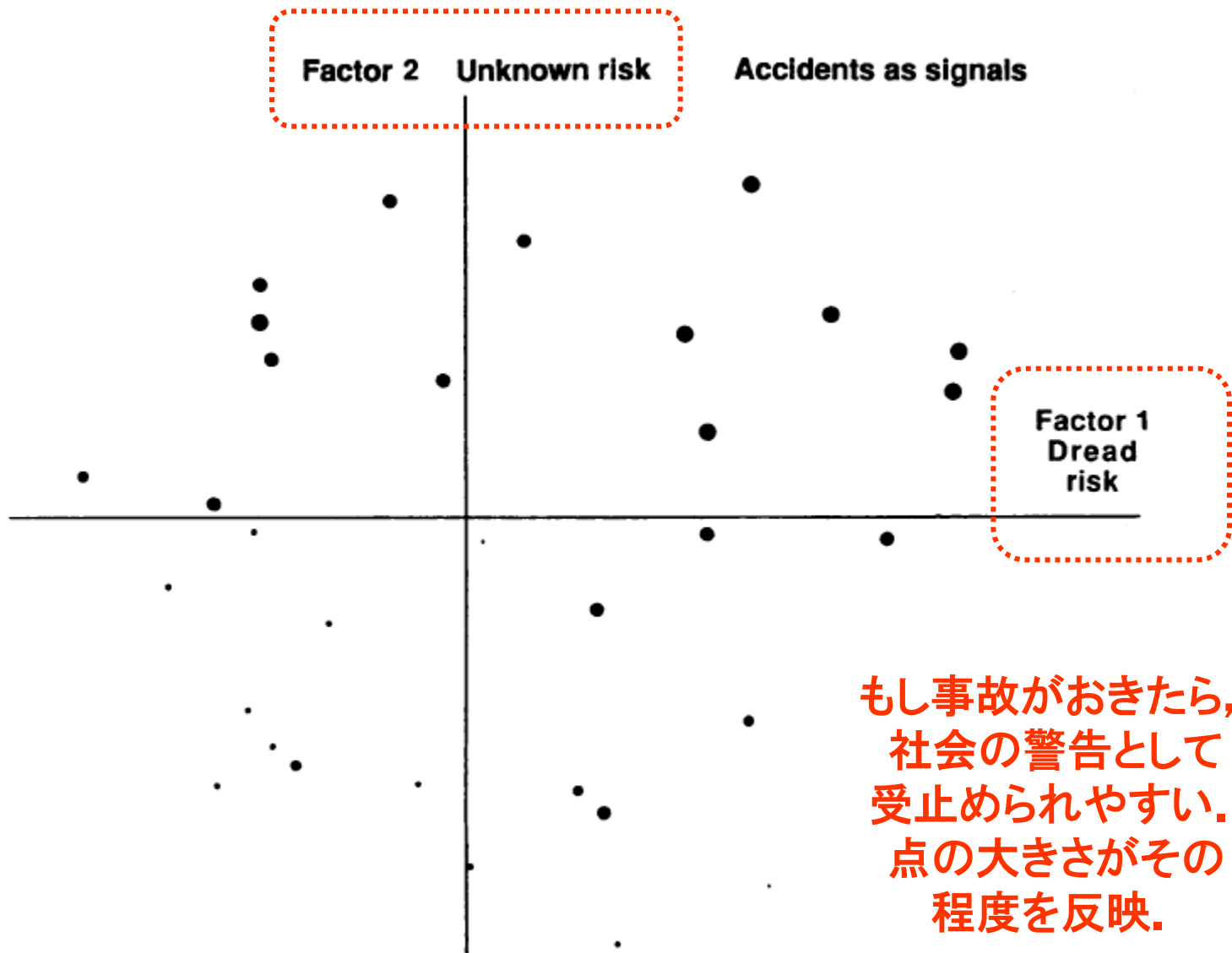


Table 1. Ordering of perceived risk for 30 activities and technologies (22). The ordering is based on the geometric mean risk ratings within each group. Rank 1 represents the most risky activity or technology.

Activity or technology	League of Women Voters	College students	Active club members	Experts
Nuclear power	1	1	8	20
Motor vehicles	2	5	3	1
Handguns	3	2	1	4
Smoking	4	3	4	2
Motorcycles	5	6	2	6
Alcoholic beverages	6	7	5	3
General (private) aviation	7	15	11	12
Police work	8	8	7	17
Pesticides	9	4	15	8
Surgery	10	11	9	5
Fire fighting	11	10	6	18
Large construction	12	14	13	13
Hunting	13	18	10	23
Spray cans	14	13	23	26
Mountain climbing	15	22	12	29
Bicycles	16	24	14	15
Commercial aviation	17	16	18	16
Electric power (non-nuclear)	18	19	19	9
Swimming	19	30	17	10
Contraceptives	20	9	22	11
Skiing	21	25	16	30
X-rays	22	17	24	7
High school and college football	23	26	21	27
Railroads	24	23	29	19
Food preservatives	25	12	28	14
Food coloring	26	20	30	21
Power mowers	27	28	25	28
Prescription antibiotics	28	21	26	24
Home appliances	29	27	27	22
Vaccinations	30	29	29	25

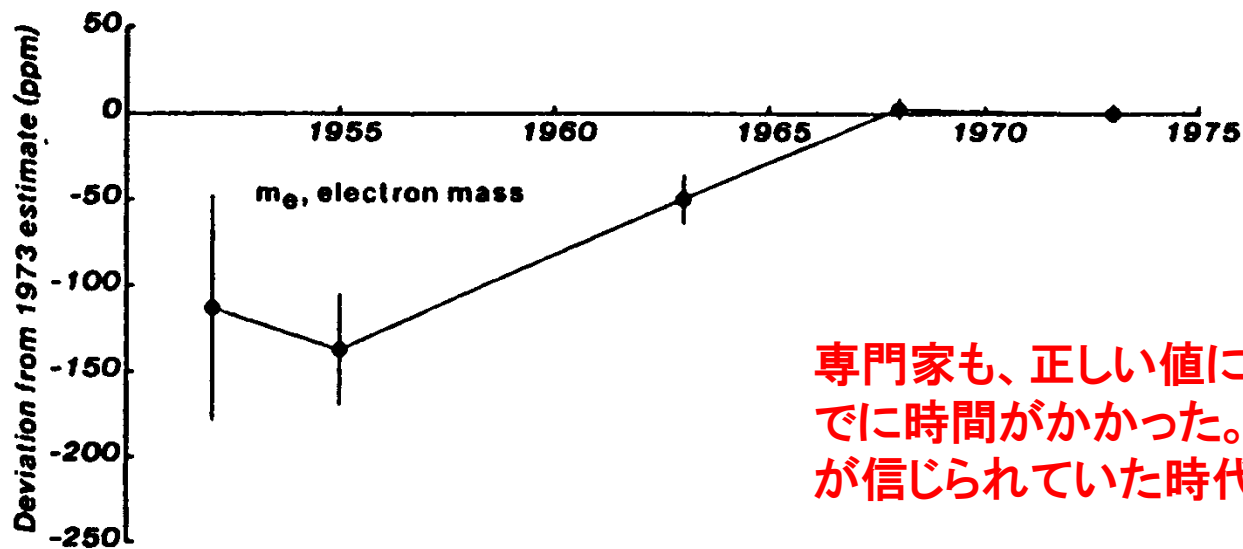
市民はどのように
にうけとめている
か？

専門家はどのように
判断するか？

Slovic, 1987, Science, 280

産業技術由来のリスクの受け止め方には開きがある。

専門家の役割：専門家は常に正しいか？



専門家も、正しい値にたどりつくまでに時間がかかった。あやまった値が信じられていた時代があった。

Uncertainty: A guide dealing with uncertainty in quantitative risk and policy analysis, Cambridge U. Press, Granger Morgan

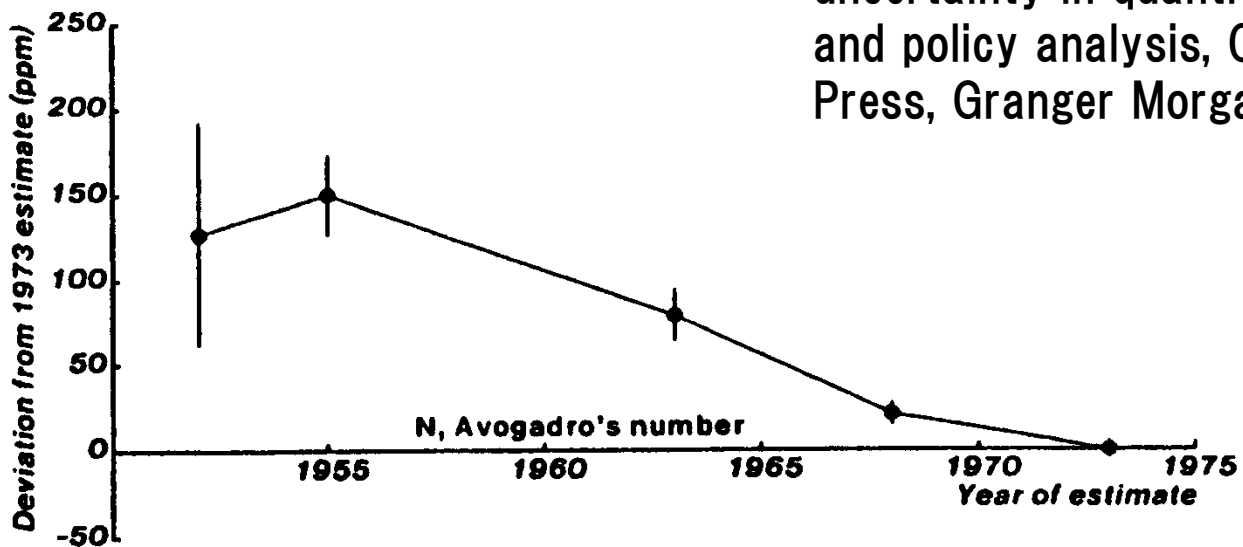


Figure 6.12. (cont.)

表 3.3.3 専門家と市民のリスク認知の“相違感”と“乖離感”

		一般市民のリスク認知 (推測) A	自分自身のリスク認知 B	専門家のリスク認知(推測) C	自分と市民の相違の推測 相違感(A-B)	専門家と市民の乖離の推測 乖離感(A-C)
原子力発電	原子力専門家	5.68	3.83	3.66	1.86**	2.02**
	バイオ専門家	5.76	4.62	3.98	1.14**	1.78**
	電気工学専門家	5.62	4.44	4.00	1.17**	1.62**
遺伝子組み換え食品	原子力専門家	5.54	4.07	3.59	1.47**	1.95**
	バイオ専門家	5.57	3.21	2.95	2.36**	2.62**
	電気工学専門家	5.57	4.58	3.98	0.99**	1.59**
電磁波・電磁界	原子力専門家	4.47	3.75	3.45	0.73**	1.02**
	バイオ専門家	4.81	4.06	3.61	0.75**	1.20**
	電気工学専門家	4.44	3.87	3.61	0.57**	0.84**

注) 数値は回答者平均 (とても安全=1~とても危険=7)。** : $p < .01$

土屋智子、2009、社会的定着に向けた原子力技術リスクコミュニケーションの設計と評価に関する研究(大阪大学 博士学位論文)

■本日の内容■

1. テクノスケープ
2. リスクの評価が必要となる理由
3. リスク評価の展開
4. おわりに

米政府が「EU提唱の予防原則, Precautionary approach」を拒み続ける理由:

EUと米国が「予防原則に関する合同ワークショップ,2002」を開催し、米国行政管理予算局長 John Graham(元Harvard U. Center for Risk Analysis 教授)が、「EUと米国では、GMO (Genetically Modified Organisms,遺伝子組み換え生物)からBSE(牛海綿状脳症)、気候変動まで、健康と環境のリスク規制には多くの一致がみられなかった。」と述べた。かれの趣旨は、「予防」を極端に重視すると、2つの問題が発生する。

(1)技術革新が滞り、ひいては経済の衰退をもたらす。

(2)ヒト健康と環境保護の名目のもとで、予防によって規制を続けると、「**すでにわかった危険**」から「**推論的で正当な理由の見当たらない危険**」に注意が向けられ、結果的に社会は損失を蒙る。

前頁(2)の意味・・・重要. 予防原則の陥穽.
以下のように例で確認すると、

MOE: Margin of Exposure

$$MOE = \frac{NOAEL}{Intake}$$

・・・No Observed Adverse
Effect Level

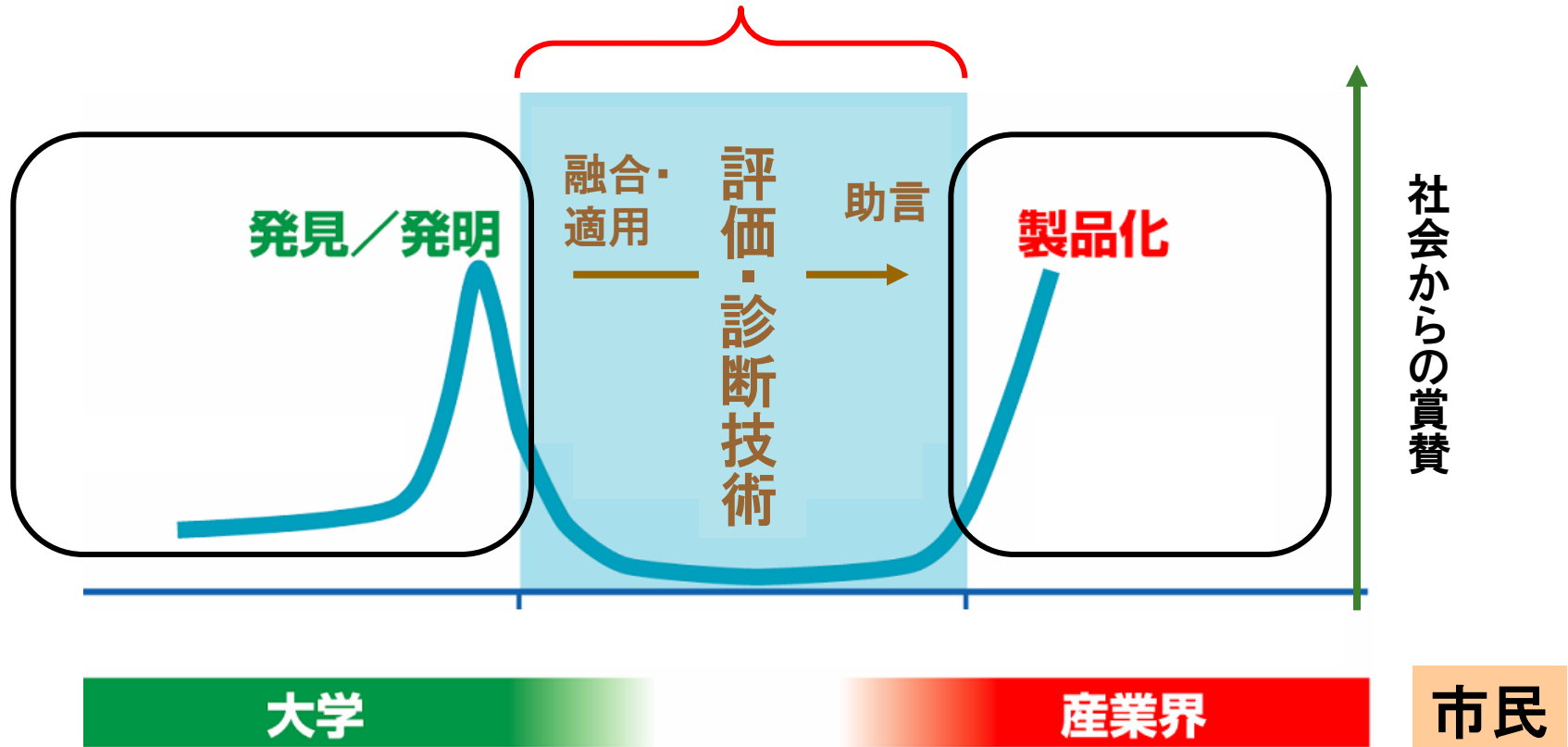
・・・ヒト摂取量

より低いNOAELを、そしてより大きなIntakeを
求める方向に関心が向かいがちとなる。

ゆえに、定量的なリスク評価が必要となる。かつ、リスク評価とは、リスク管理のために関係者に助言を構築し、提供することである。

リスク評価技術の位置

- 受け手側に立った安全性情報の構築
- 健全な「気のつけあい」に貢献



(産総研企画本部に加筆修正)

■本日の内容■

1. テクノスケープ
2. リスクの評価が必要となる理由
3. リスク評価の展開
4. おわりに

新興分野としてのリスク評価・管理

- リスク評価の実施主体の拡大：規制と連動したリスク評価から自主管理を支援するリスク評価へ
- リスク評価の範囲の拡大：既存物質を含めて、特定の排出源からライフサイクル全体へ
- 評価技術の役割が拡大：事後評価，事前評価，段階的評価システムへ

リスク評価手法

概要:

$$Risk = f(Damage_i, Probability_i, Scenario_i)$$

解析:

$$\Delta Risk = Population \frac{Consumption}{Person} \frac{Emission}{Consumption} \frac{C_{env}}{Emission} \frac{\Delta Dose}{C_{env}} \frac{\Delta EffectiveDose}{\Delta Dose} \frac{\Delta Risk}{\Delta EffectiveDose}$$



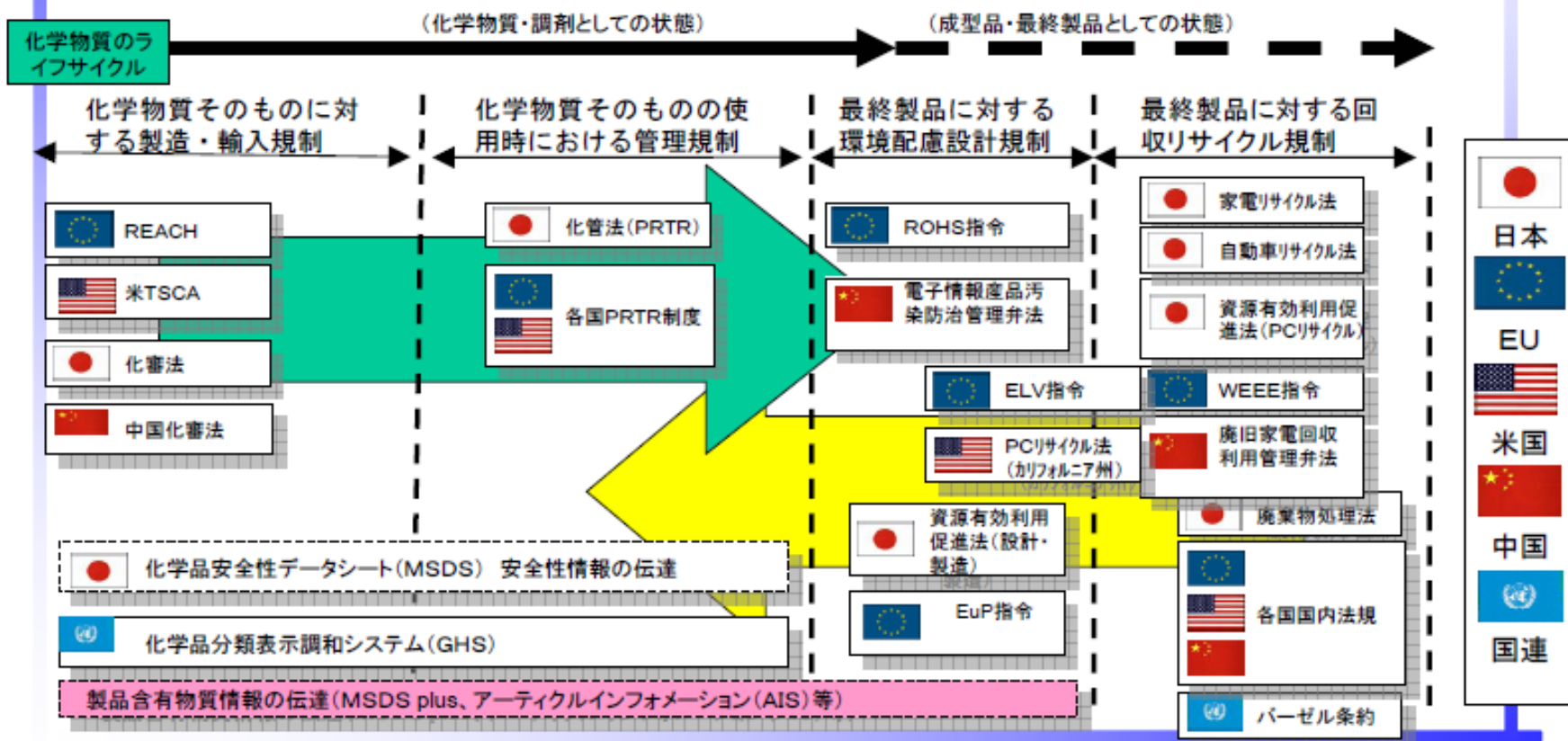
リスク管理への提言

$$\frac{\Delta Cost}{\Delta Risk}$$

費用効果分析: 費用と物的量の比で比較するもので、費用便益分析の一つである。

技術の社会受容を組み込んだリスクガバナンスモデルの必要 ~化学物質管理・環境に関するルールなしに製造業はなりたない~ 技術の大規模普及にともなう未知リスクのガバナンスが必要.

- グローバル化の進展により、他国の環境規制が世界市場に与える影響が顕在化
- **サプライチェーン協働による環境対応型「ものづくり基盤」の強化が喫緊の課題**



エネルギー



生産から廃棄までを対象とした
技術リスクの管理が必要

資源循環
 環境負荷管理
 社会受容性

原図は、(社)日本化学工業協会より

リスク管理を広義にとらえた場合の評価原則・側面・指標

・再生可能な資源の利用は再生速度を超えないこと

・「非再生可能な資源」の利用は再生可能な資源で代替できる速度を超えないこと

・「汚染物質」の排出速度は環境が循環, 吸収, 無害化できる速度を超えないこと

● 有限性

● 有害性

● 有用性

■ 環境負荷
(TMR, エコロジカル
フットプリント, CO₂)

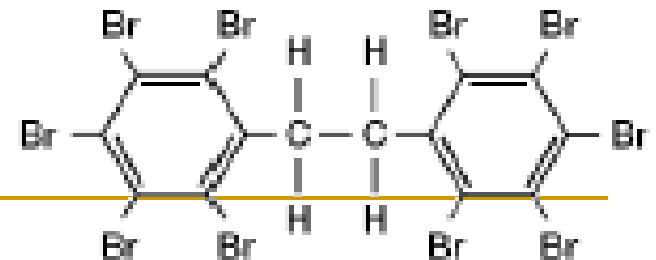
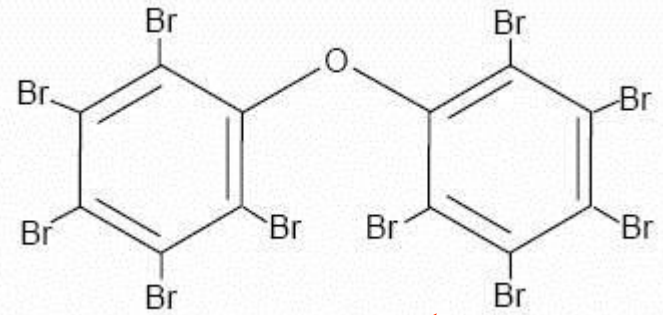
■ 健康リスク

■ 生態リスク

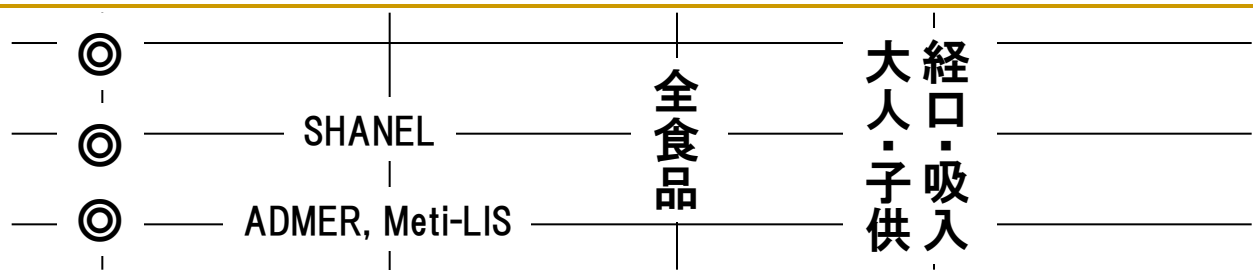
(ハーマン・デイリーの3原則)

評価事例にみる 技術水準

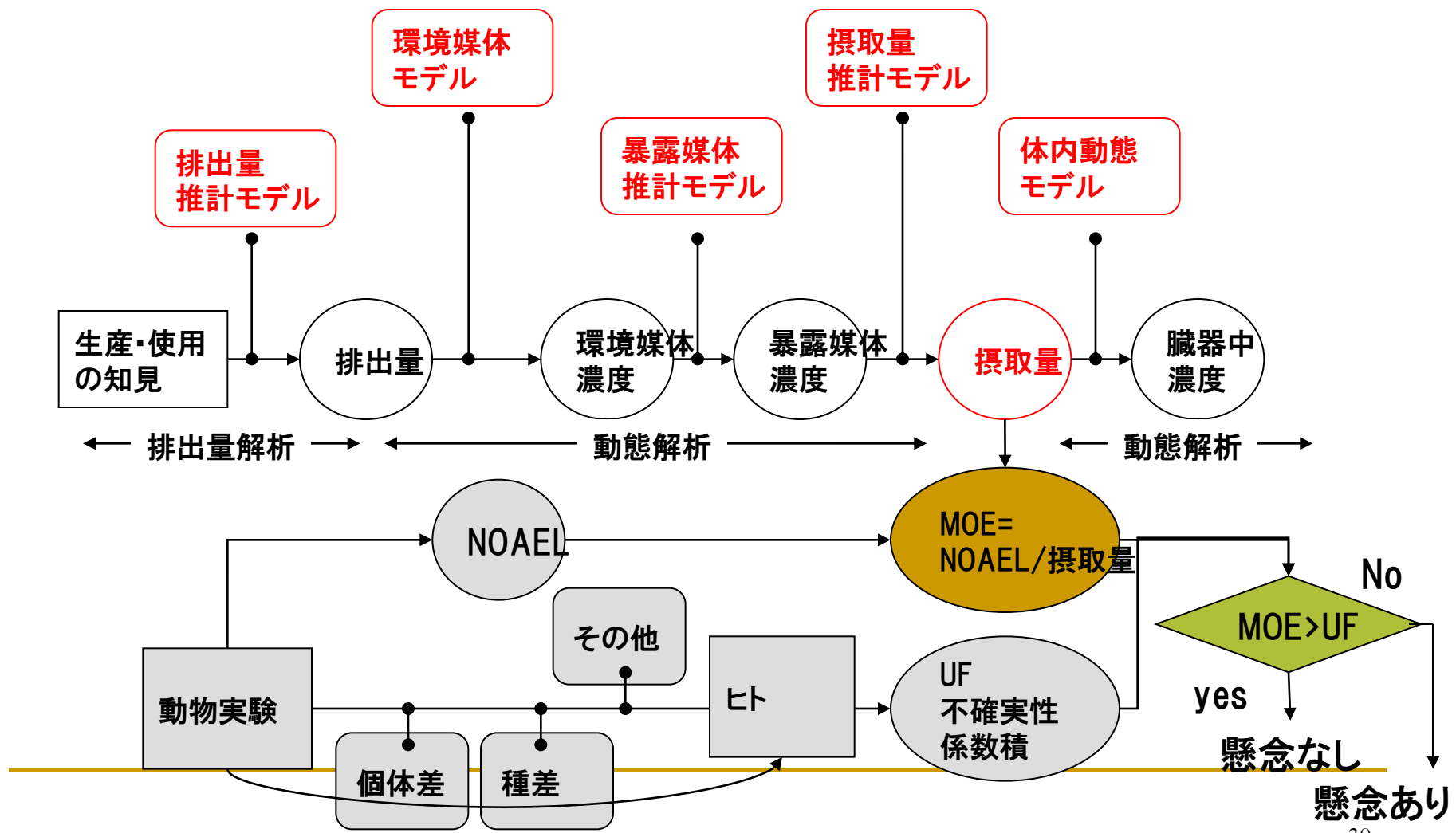
- 製品中に残存するため
 - 廃棄物最終処分場に残留
 - 中間処理・リサイクル過程から排出
- 製品から放散する物質
 - 臭素系難燃剤のうち、PBDEのなかのDecaBDE (DecaBromoDiphenyl Ether)。
 - 難燃剤、エンジニアリングプラスチック、カーペットバックコーティング。
- PBDEのある同属体は有害性が懸念。生体への蓄積が高い。代替物質も導入。



土壌
水
大気



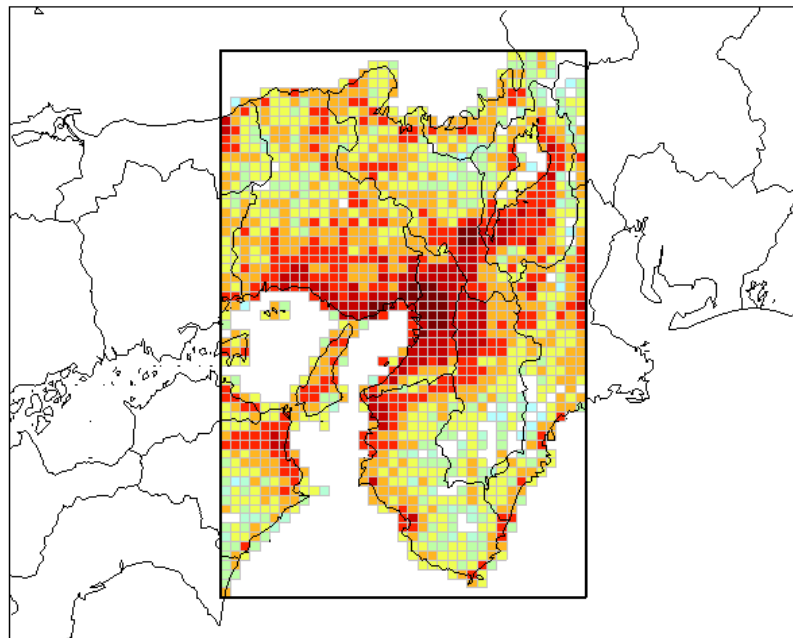
評価の全体像



DecaBDEの排出量推定&大気中濃度の推定

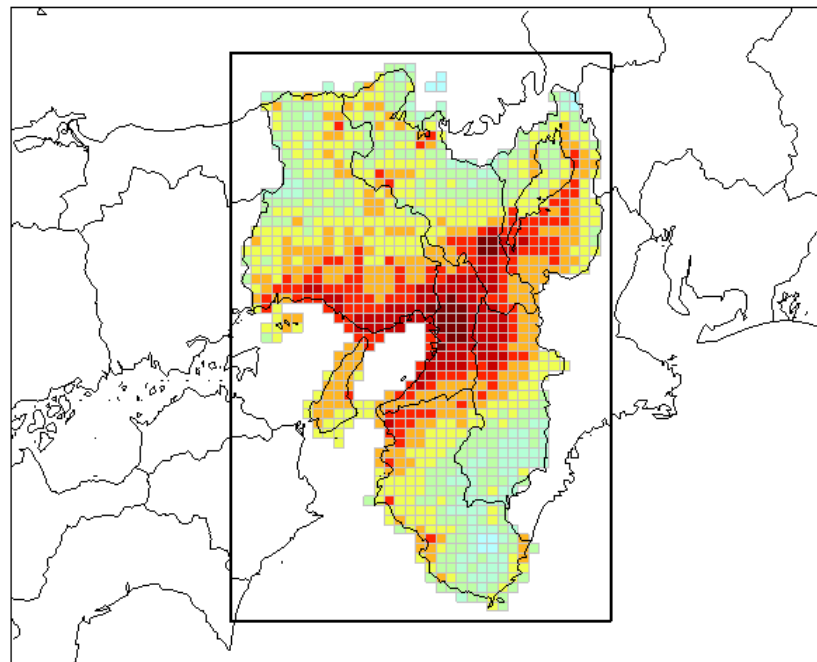
5km²グリッドで排出量を割り当て、大気中濃度を推定(AIST-ADMER、東野)

グリッド排出量(デカブロモジフェニルエーテル) 時間帯: 日平均
"AllAve"



排出量 $\text{g}/\text{km}^2/\text{y}$

大気中濃度(デカブロモジフェニルエーテル) 2001年1月~2001年12月の平均 時間帯: 日平均
"PRTRと揮発量"



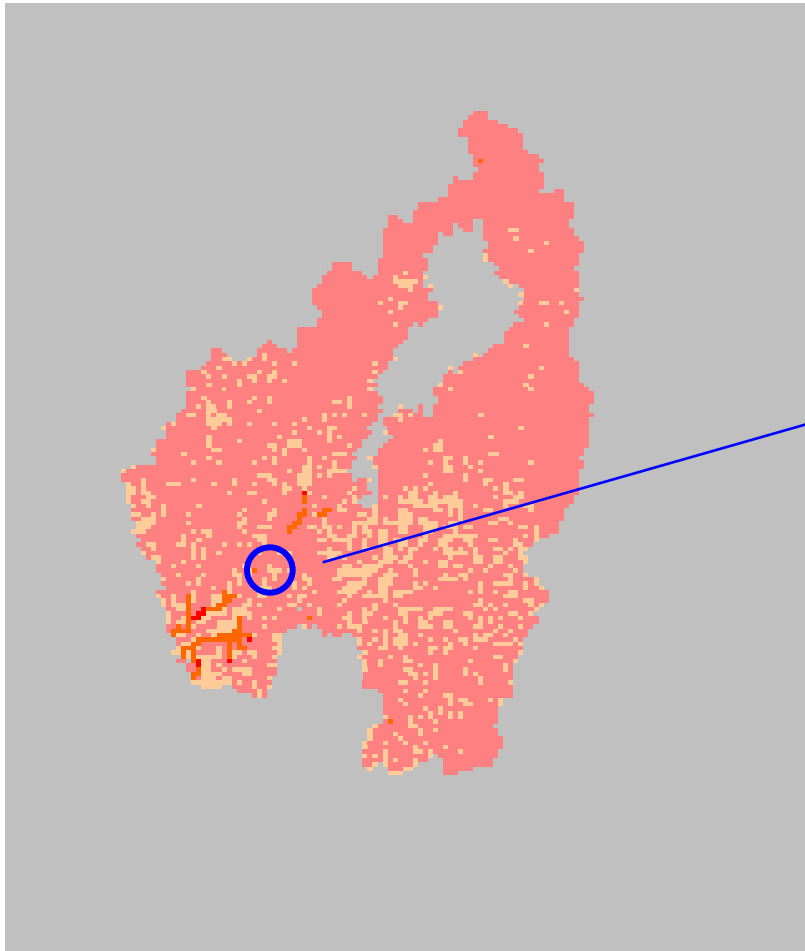
濃度 g/m^3

計算範囲情報
北緯 35° 50' 0"
北緯 33° 22' 30"
東経 136° 30' 0"
東経 134° 11' 15"
メッシュ数
37 × 59
凡例 g/m^3
■ 8.5948E-10
■ 2.3701E-10
■ 6.5356E-11
■ 1.8022E-11
■ 4.9697E-12
■ 1.3704E-12
■ 3.7790E-13
■ 0.0000E+00

(東海、山口)

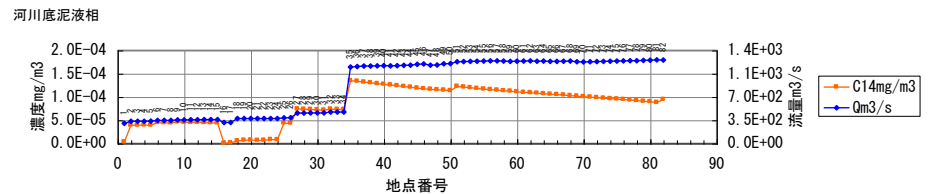
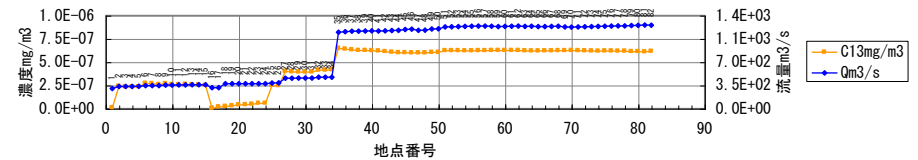
DecaBDEの水域での動態 AISt-SHANEL(石川・東海)

排出量の面的分布



枚方:
大阪府の水道の原水の取水地点

対象時期 2003年1月1日-2003年12月31日
対象流域 淀川
物質名 DBDE
95パーセンタイル
河川水



宇治川(琵琶湖), 木津川(三重県), 桂川(京都府) => 淀川

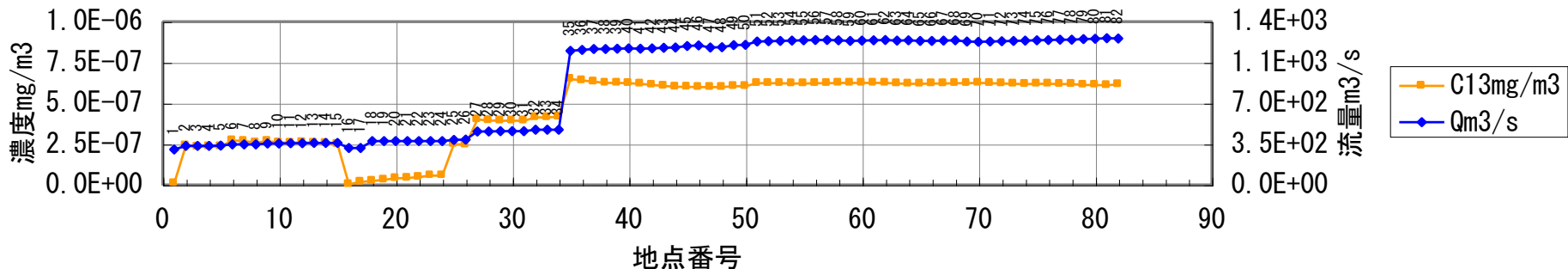
対象時期 2003年1月1日-2003年12月31日

対象流域 淀川

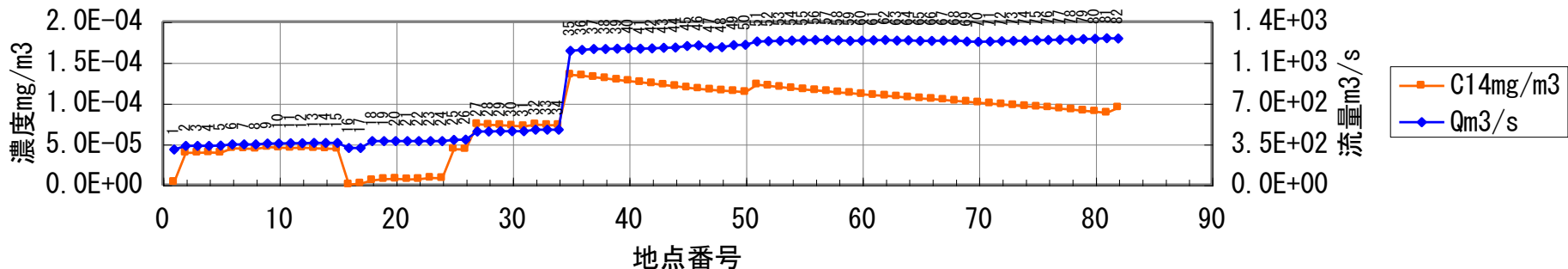
物質名 DBDE

95パーセントイル

河川水

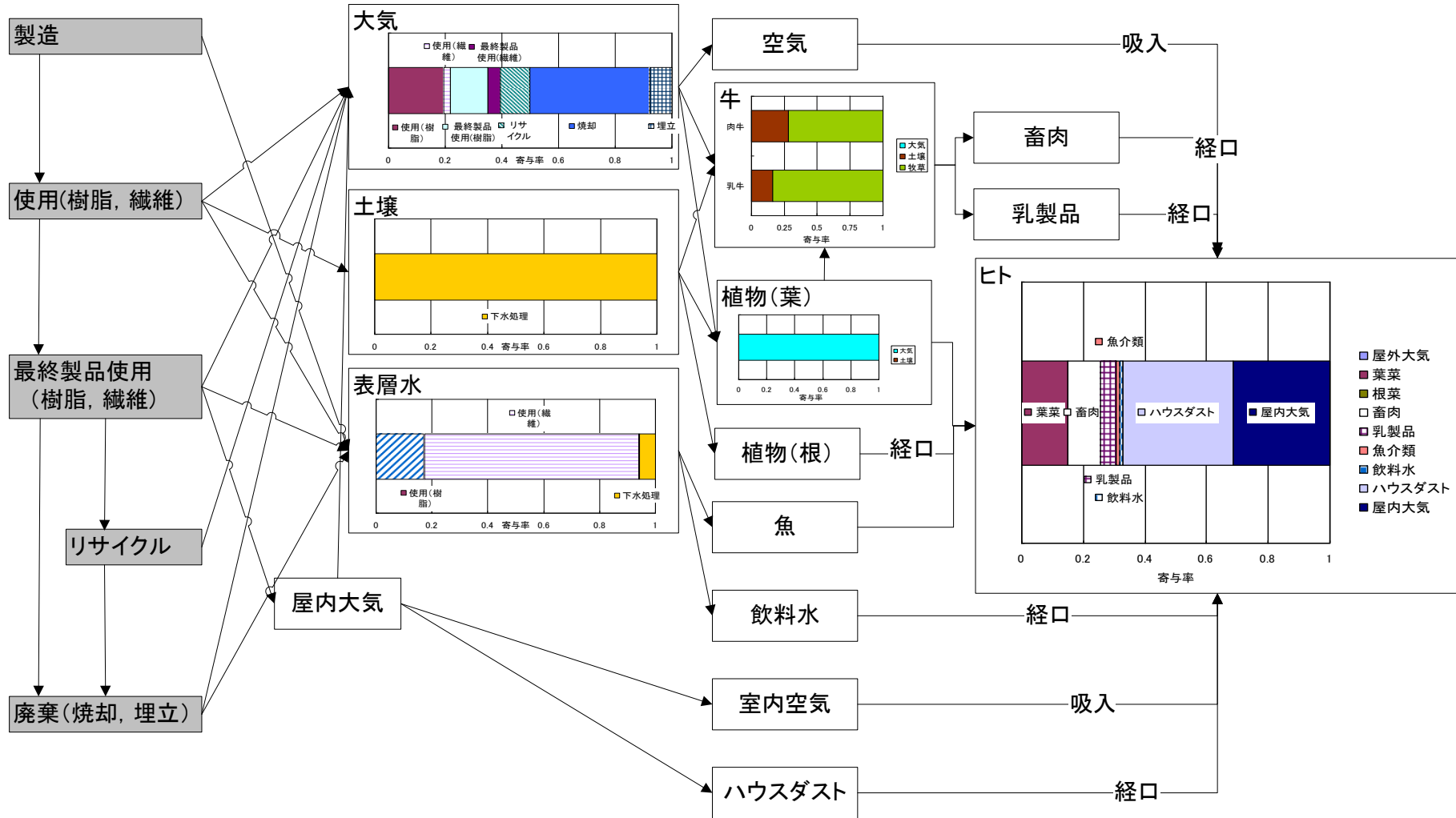


河川底泥液相

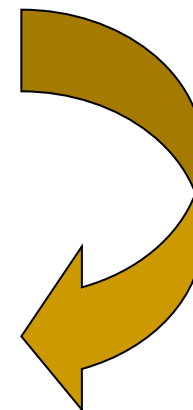
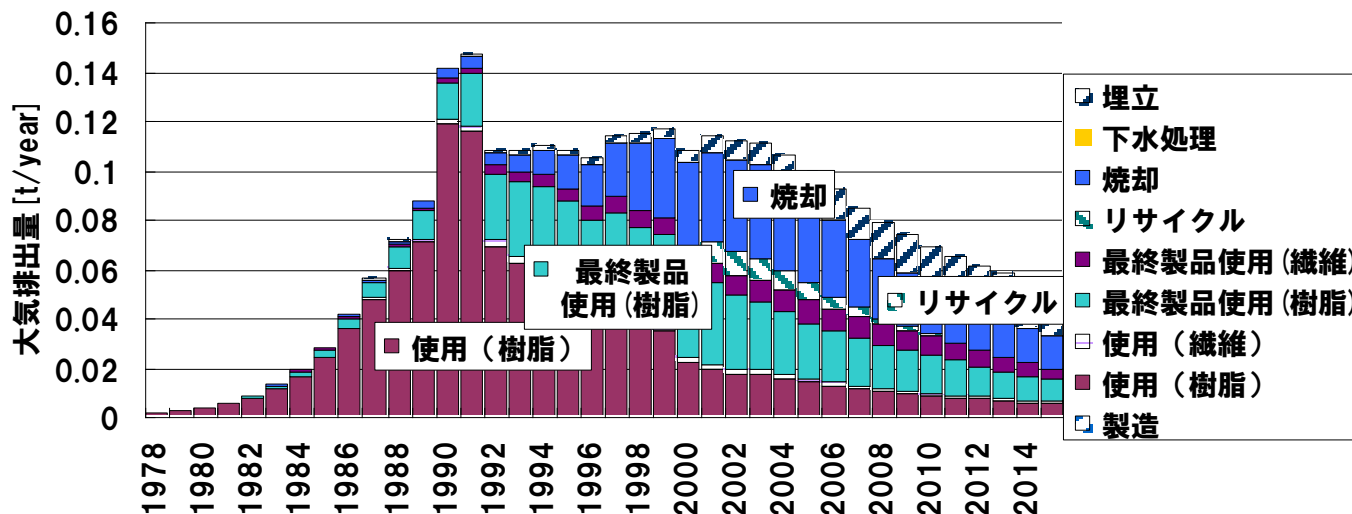


DecaBDEの発生源と暴露経路

DecaBDEのライフサイクル

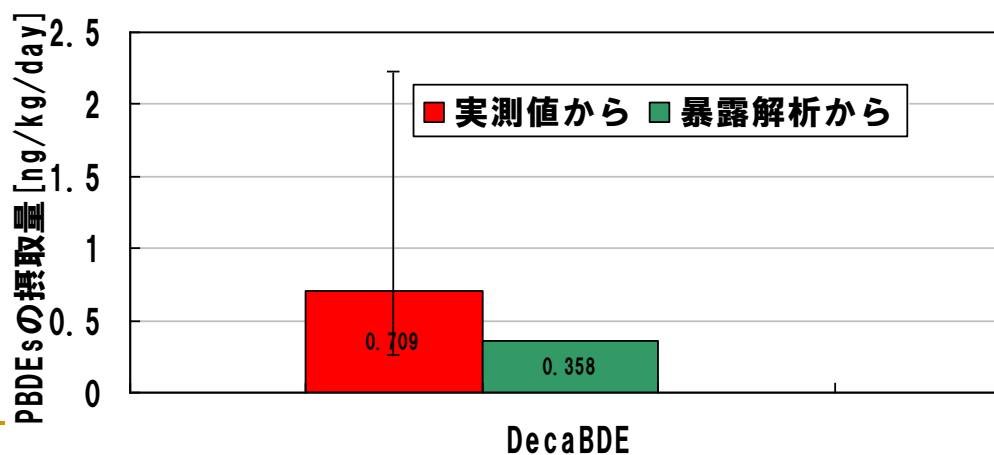


DecaBDEのヒト経口暴露量の推定



DecaBDEの大
気への排出量

DecaBDEの摂取量



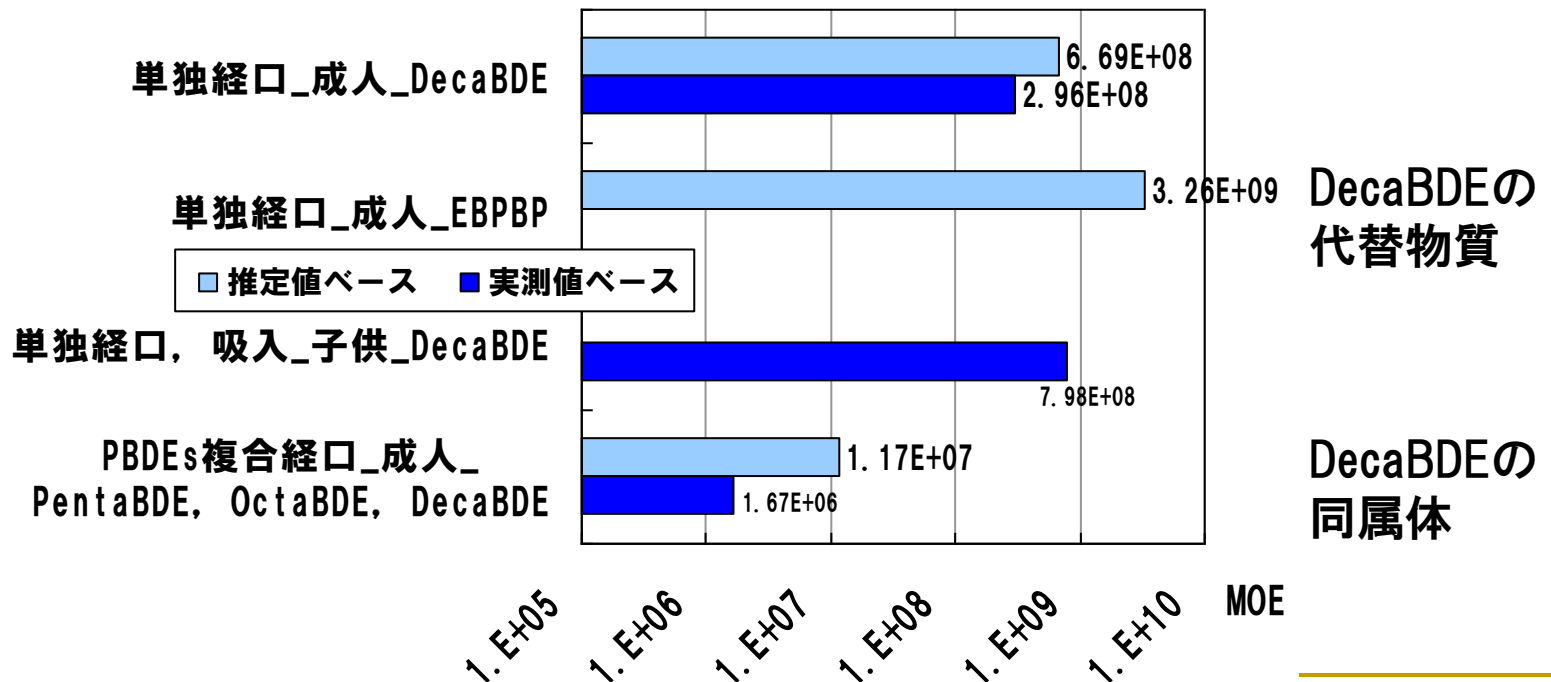
(東海、山口)

DecaBDEのリスク判定

既存のレポートを
精査し、各物質の
NOAELを決定。

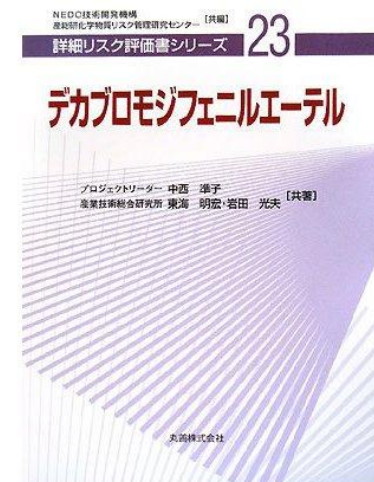


肝臓への影響をエンドポイント(UF*)
DecaBDE : 1,120mg/kg/d (100)
*UF: Uncertainty Factor, 動物実験からヒトへ外挿



DecaBDEのリスク評価のまとめ

- 排出量推定とクリティカルパスの明確化
- MOEを用いたリスクの判定
- これまでなされた対策との比較
 - DecaBDEの国内使用量の低下0.14t/y→0.11t/y.
0.4億円.
 - 家電リサイクルの導入による効果は顕著ではない.
 - 代替物の導入による効果は、NOAELの値に依存.
- 国内判断とFollow upへの対応



DecaBDEのリスク評価のまとめ つづき

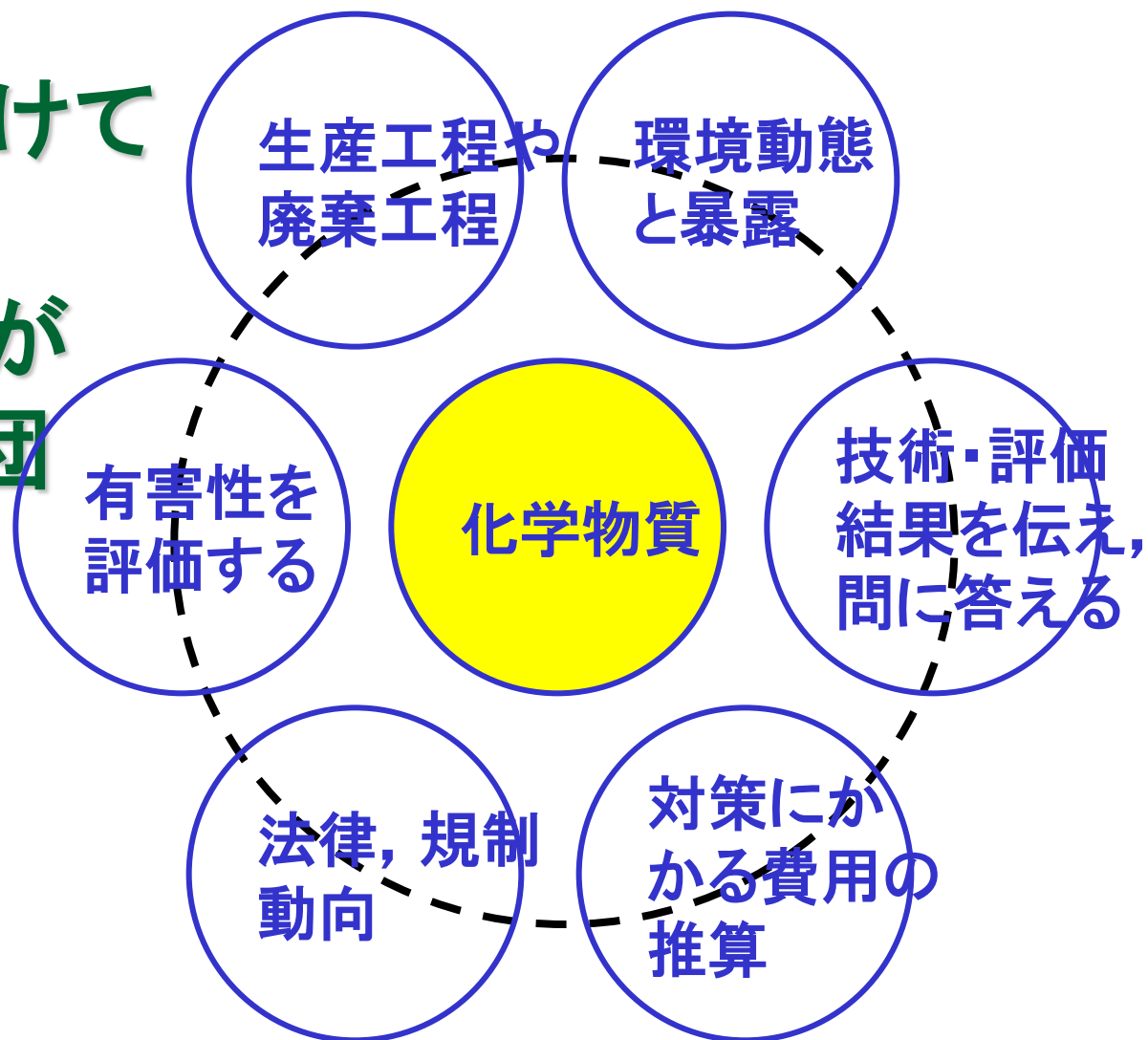
- DecaBDEは、2006年、RoHS規制対象外とされたが、2010年までに新たに蓄積された科学的知見を基に見直し。
- 詳細リスク評価書は、State of the artsとなっており、さらなる調査データのpriorityについても言及しており、効率的な収集整備に貢献。
- 道標として活用。

■ 本日の内容 ■

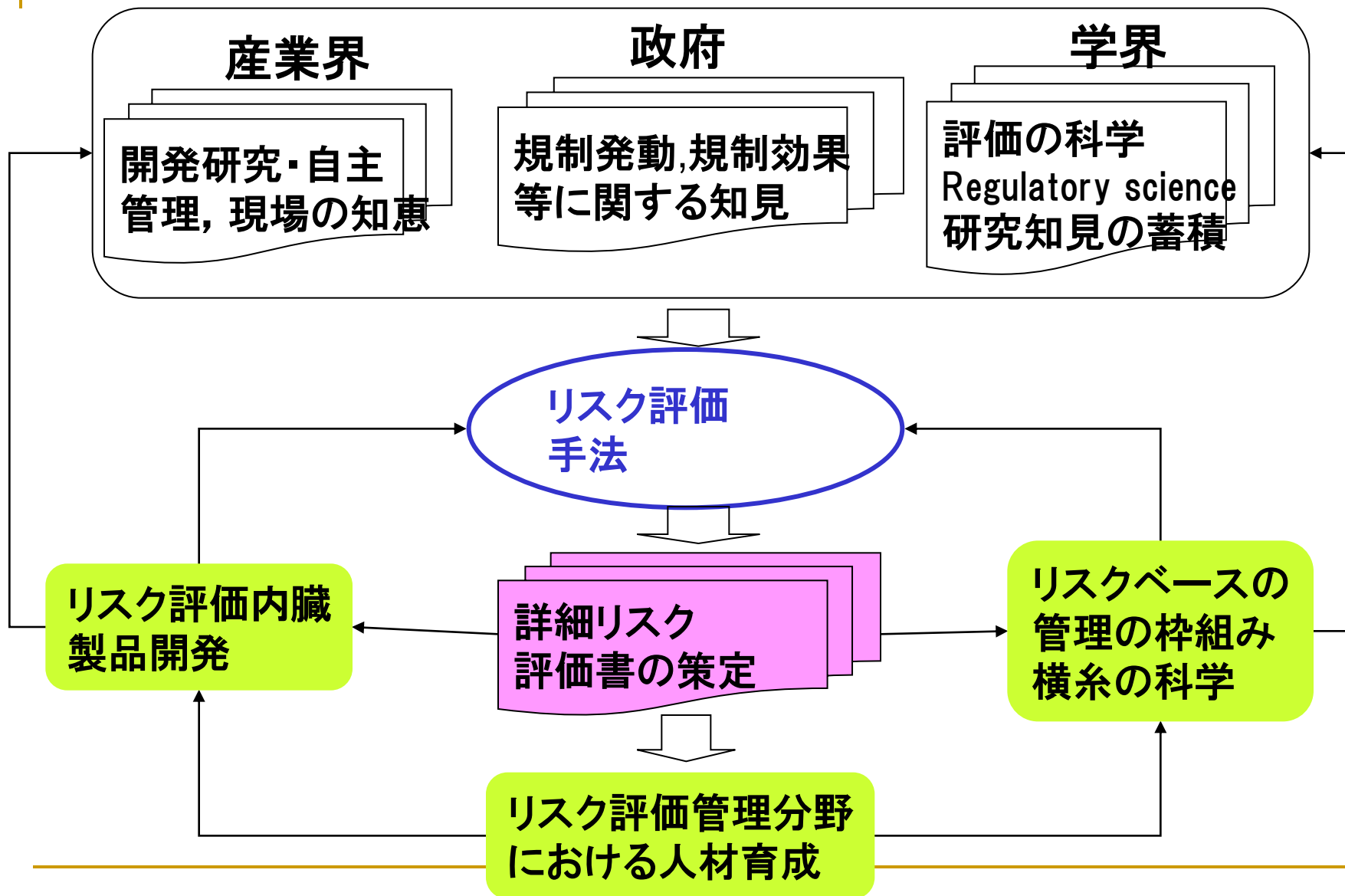
1. テクノスケープ
2. リスクの評価が必要となる理由
3. リスク評価の展開
4. おわりに

さらなる 基盤形成に向けて

このようなことが
できる人材集団
の拡大。



詳細リスク評価書の策定を通じた生産物



その適用分野の広がり……新しい技術は、

- はじめに、まずメリットが注目される。
- 使いはじめて不具合がわかる。



副作用をなるべく事前に把握し、何か起こった場合の対策をあらかじめ準備し、それを関係者に伝えながら技術を使いこなすことが必要。開発側にとっては、negative な情報を伝達することが必須。

- ・低炭素社会
- ・化学物質利用によるリスク最小化
- ・エネルギー安全保障の確保
- ・ナノ材料など新技術の導入
- ・産業活動の展開・新技術の社会への導入
- ・その他, 多々あり.

現代の巨大な難問

ある目標を優先すると,
別の目標がないがしろ
にされる可能性

便益は, 大多数の人に,
しかし, 不利益が少数の
地域・あるいは集団に偏
る場合がある. 社会的公
平性が保たれない.

この不利益を定量化し,
事前に, 対策を設計し,
効果を推定することがリ
スク評価である. 評結
果に基づき, リスクを管
理可能な状態にする(リ
スク管理: 制度の構築,
社会ルールの構築)

このような種々のリスクを内包する産業，製造物の利用に際して発生するリスクと，生活者を対象とした環境家計簿による調査で，利便性—環境依存性のデータを収集する。社会としてリスクと付き合う知恵を構築してゆく。

表裏一体の関係を家計簿を通じて明らかにする

$$Risk = V \cdot W \cdot X \cdot Y \cdot Z$$

V:反応率/摂取量
W:摂取量/排出量
X:排出量/必要資源
Y:必要資源/活動量
Z:活動量

$$Z = A \cdot B \cdot C$$

A:需要量/所有量
B:所有量/人口
C:人口

$$E \cdot F = A'$$

E:需要量/使い方
F:使い方/環境依存
A':需要量

=>リスクガバナンスが組み込まれた社会へ