



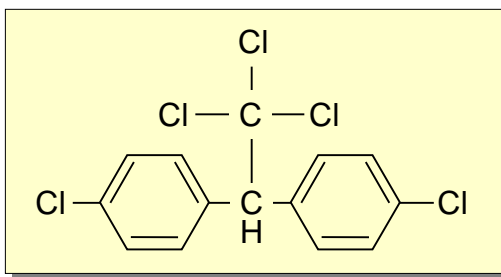
リスク解析のめざすもの

(独)産業技術総合研究所 化学物質リスク管理研究センター
横浜国立大学 大学院環境情報研究院

中西 準子

1

DDT dichloro diphenyl trichloro ethane



DDTは非常に有効な殺虫剤で、その殺虫効果を発見した、スイス・ガイギー社のP.ミューラー博士は、ノーベル医学生理学賞を受けた(1939年)

DDTは、シラミ、のみ、蚊の退治に有効で、チフス、マラリア、黄熱病の流行を止めた

2

DDTは、先進国では、1970年代初頭に禁止
鳥類が復活し、環境中の濃度も低下

しかし、環境中での分解速度が遅いことと、今でも使用
している国があることから、完全には消失していない

まだ、私たちの体内にも残留しているし、他の哺乳動物
や鳥類にも残留
しかも、南極の氷や生物の体内にも残留

3

問題となる性質

- ・いつまでも環境中に残る（残留性）
- ・生物体内に蓄積する（蓄積性）



POPs（残留性有機汚染物質）



一国で禁止しても駄目だから、国際的に禁止しよう

4

POPs条約

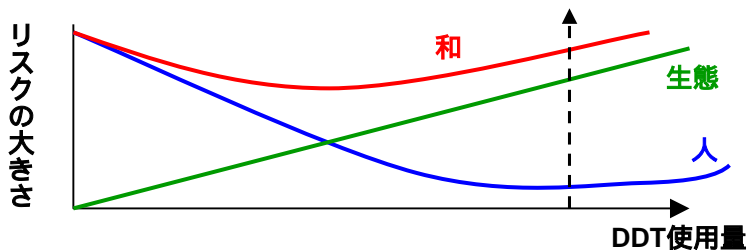
（残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約）

環境中に残留し、生物に蓄積される12の有害化学物質を規制する国際条約で、2001年5月に127カ国が参加した外交会議で採択された。本条約は、POPsに対し原則的には製造・使用を禁止を求めるものだが、DDTは熱帯地方におけるマラリア対策のための使用は認められた。

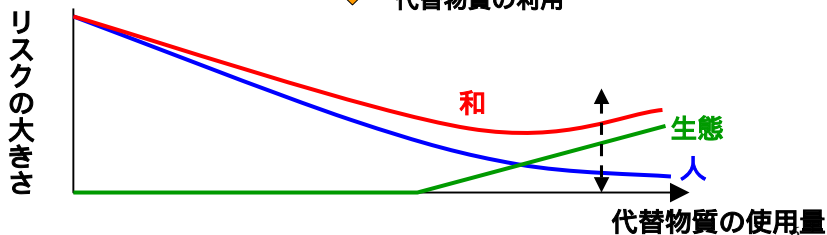
製品	製造・使用の禁止	アルドリン（農薬・殺虫剤）、クロルデン（農薬・殺虫剤）、ディルドリン（農薬・殺虫剤）、エンドリン（農薬・殺虫剤）、ヘプタクロル（農薬・殺虫剤）、ヘキサクロロベンゼン（殺虫剤・工業原料）、マイレックス（殺虫剤）、トキサフェン（殺虫剤）、PCB（工業製品）
	原則製造・使用の禁止	DDT（農薬・殺虫剤） （マラリア対策用だけは認める）
非意図的生成物	排出削減	ダイオキシン、ジベンゾフラン、ヘキサクロロベンゼン、PCB

5

人のリスク、生態リスク、費用のバランスを 考えなければならない



将来（費用がかかる）
代替物質の利用



我々の課題は、リスク比較とコスト比較
何故なら、あるリスクを削減すれば、

別のリスクが生ずる

OR

コスト（費用、不便、資源の消費）が発生

のどちらかが起きる。

7

ペルーの水道の例

行為：水道水の塩素消毒をやめた（1991年）

理由：米国環境保護局が、塩素処理により生成する
発がん性物質の規制を知ったペルー
政府は、発がん性物質によるリスクをゼロに
しようと考えた

結果：水道水が原因でコレラ蔓延
約80万人が罹患、7000人近くが死亡

8

比較できるか？

ここがポイント

9

リスク評価は、安全性評価のために多用されている
HQという指標が使われている

Hazard Quotient (ハザード比)

$$= \frac{\text{dose}}{\text{TDI}} = \frac{\text{用量}}{\text{NOAEL} \div \text{安全率}}$$

TDI = 耐容一日摂取量

NOAEL = 無悪影響用量

安全率 不確実性係数 (UF)

10

水道水質基準値と不確実性係数

物質名	NOAEL 無作用量 μg/kg bw/day	TDI 耐容一日摂取量 μg/kg bw/day	不確実性係数 UF	水道水質基準値 mg/L
ホルム アルデヒド	15	0.15	100	0.9
ブロモホルム	17.9	0.0179	1000	0.1
抱水 クロラール	16 (但しLOAEL)	0.0016	10000	0.01
カーボフラン	0.05	0.0017	30	0.005

不確実性係数 = 安全率
 TDI = NOAEL/不確実性係数

11

人の健康リスク評価での評価尺度

	評価尺度	エンドポイント			
		障害	がん	非がん	
		致死的		致死的	致死的でない
行政による評価	評価尺度	死	死	HQ	HQ
	比較可能か？			×	×
疫学調査を 基礎にした 調査	評価尺度	死	死	死	入院
	比較可能か？				×
ハーバード 大学	評価尺度	LLE	LLE	LLE	未評価
	比較可能か？				×
当研究	評価尺度	LLE	LLE	LLE	LLE
	比較可能か？				

HQ：ハザード比、LLE：損失余命

12

HQ < 1なら、リスクは0であるという考えで
リスク評価が行われてきた

この考え方が、予防原則という主張を生み出した

〔 Precautionary principle
Precautionary approach

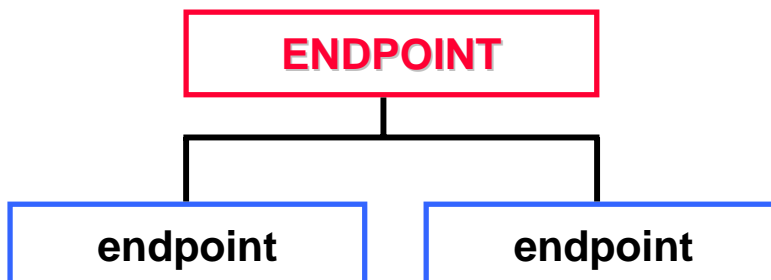
HQ < 1ならリスクはゼロであるという考えを
乗り越える必要がある

同時に、影響の大きさの重み付けが必要

13

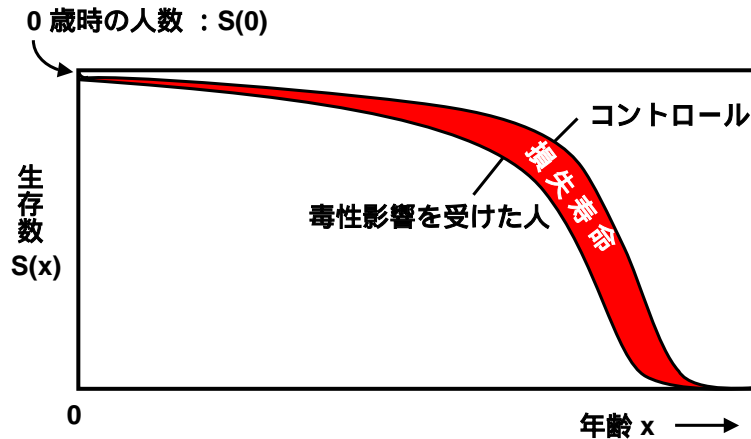
評価尺度をどう統一するか

- endpointという考え方
- 複眼の判断と矛盾しない
- 損失余命 (Loss of Life Expectancy)



14

LLE :Loss of Life Expectancy (損失余命)



$$LLE = \frac{\text{損失寿命}}{S(0)}$$

15

QOL : 生活の質
Quality of life

QALY : 質調整生存年
Quality-adjusted life year

リスク評価で何がしたいか、何ができるか、何ができないか
化学物質のリスク評価が出発点になっている（人の健康リスク）

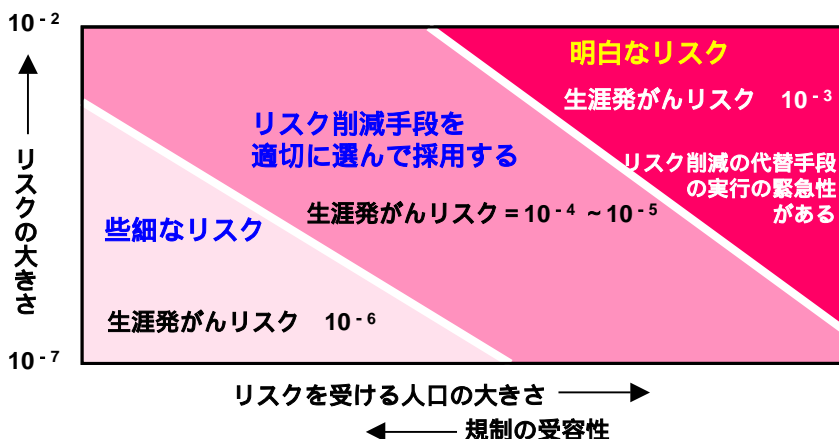
課 題	必要な手法	現 状
1．（人の健康保護を目的とした）環境基準値，食品添加物等の許容基準値設定	無作用量，発がんポテンシー	広く使われている
2．新規リスタ要因の発見	1と3	広く使われている
3．リスクの比較・ランキング	異種のリスク比較	発がんリスク同士の比較は容易，非がんリスクの比較は難しい
4．リスク削減政策の優先順位	異種のリスク比較，社会経済解析	中西らの研究．英米豪で政策評価に
5．人の健康リスク削減政策の効率比較（医療，福祉，安全，環境）	異なるセクターのリスク比較，社会経済解析	Tengsら，岸本ら
6．人の健康リスク削減のために支出可能な費用	WTPなど，ベネフィット評価．コストベネフィット解析	英米で政策評価に使われている（岡氏の論考参照）

1,3-ブタジエンの詳細リスク評価

1,3-ブタジエンの詳細リスク評価書は、
 化学物質リスク管理研究センターの
 ホームページからダウンロード出来ます。

<http://unit.aist.go.jp/crm/>

些細リスクと明白リスク



出典：化学物質総合安全管理のためのリスクアセスメントハンドブック，
（訳編）平石次郎他，丸善（1998年）
元著者は、Kolluru et al.(1996)

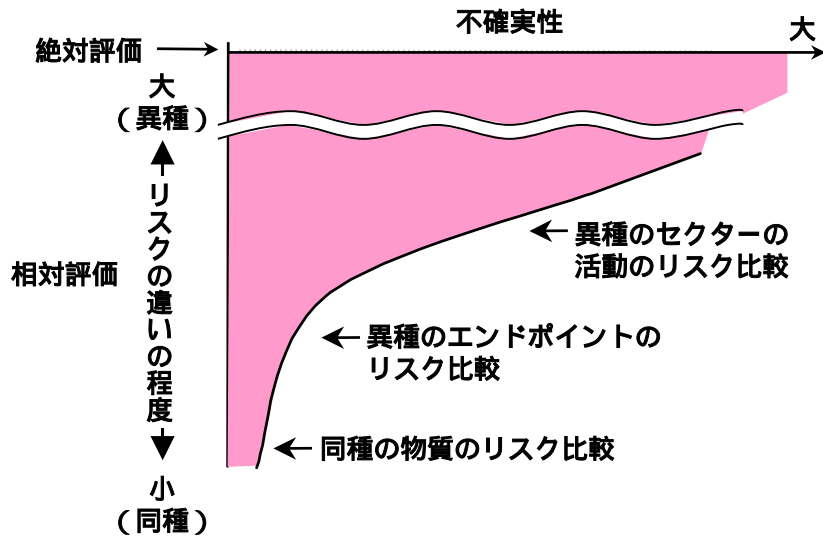
19

日本におけるリスク削減対策の費用対効果

事 例	単位余命あたりの費用 (百万円 / (人・年))
シロアリ防除剤クロルデンの禁止	45
苛性ソーダ製造での水銀法の禁止	570
ガソリン中のベンゼン含有率の規制	230
ごみ焼却施設でのダイオキシン緊急対策	7.9
ごみ焼却施設でのダイオキシン恒久対策	150

20

リスク比較の階層と不確実性の大きさ

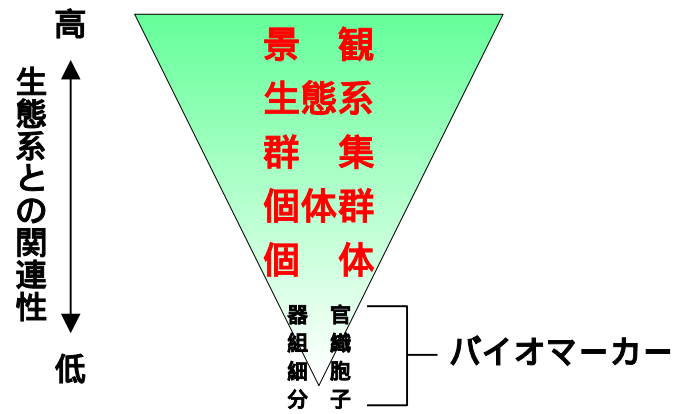


21

生態リスクにどう取り組むか

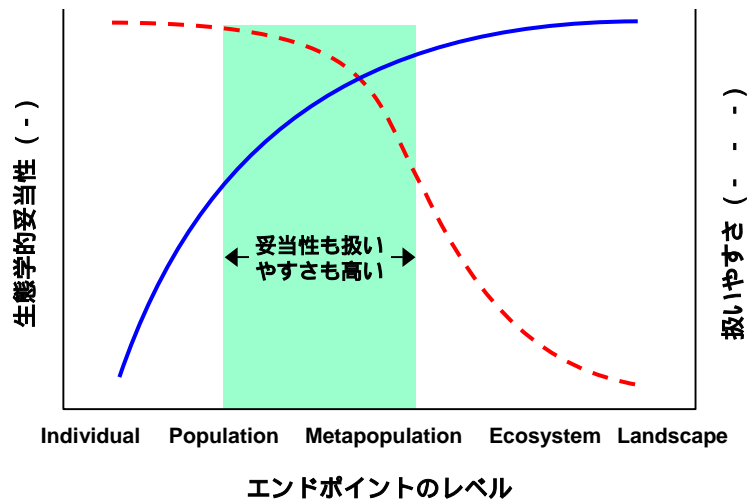
22

生物学的エンドポイントの階層



R.A. Pastorokによる図を書き換えた

生態モデルのエンドポイントの 妥当性と扱いやすさ



Pastorok

Martin van den Bergらの仕事

クロアシアホウドリ (Black-footed Albatross) の再生産能力

有機塩素化合物	2~3%減
漁業に伴う副次的な捕獲	27%減
個体数	減少続く

個体への影響あり
個体群への影響あり

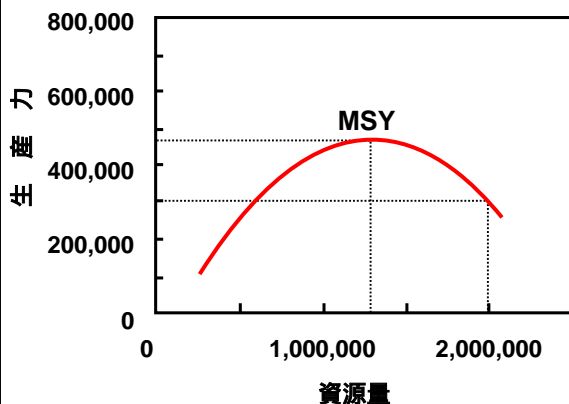
コアホウドリ (Laysan Albatross)

有機塩素化合物	なし
漁業に伴う副次的な捕獲	18%減
個体数	増加

個体への影響あり
個体群への影響なし

25

population-level リスク管理の考え方 漁業資源保全の考え方に倣う



水産総合研究センターホームページより

MSY (最大持続収穫力) :
枯渇しないで獲り続ける
ことができる量

個体群を130万程度に維持



MSYを漁獲 (最も有効)

200万程度の個体数を維持



30万程度を持続的に漁獲

26

絶滅リスクの指標

	松田	巖佐	田中
指標	$(1/T)$	$(\log T)$	T
意味	絶滅確率	T の対数の減少量	T の減少量
対象	希少種	安定種：高密度	安定種：低密度

絶滅までの平均時間 = 絶滅待ち時間(T)

27

Lande モデルによる T の近似解

r, v と K の値があれば、絶滅待ち時間が算出できる

$$\text{Log}T = C + (2s - 1) \log K$$

T : 絶滅待ち時間

K : 環境収容力

$$s = \frac{r_i}{v}$$

r_i : 内的自然増加率

v : r の環境変動

28

生息地消失換算リスクを求める

1. rs (内的自然増加率)、 K (環境収容力)、 CV^2 (個体数の変動係数の平方) の値があれば、 $\log T$ が算出できる

$$\begin{aligned} \text{近似式 } \log T &= (1/CV^2) \log K + C \\ CV^2 &= e^2/2rs \end{aligned}$$

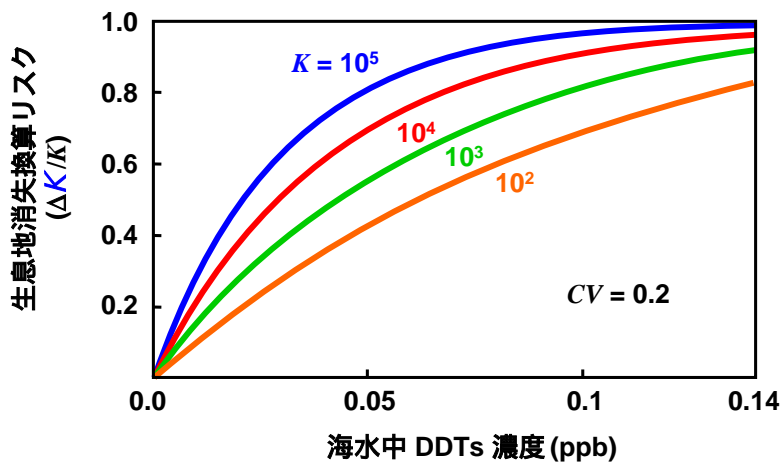
2. $\log T (= \log T - \log T')$ に相当する生息地消失換算リスク $\log K$ をもとめる。

$$\log T - (1/CV^2) \log K$$

29

生息地消失換算リスク

- DDT がセグロカモメに与えるリスク -



30

中丸麻由子

中池見消失による植物生態系への影響

岡敏弘

No.	種	絶滅確率の増分 $\Delta(1/T)$	多様性寄与 Y_i (年)	期待多様性損失 ELB (年)
1	ミズニラ	8.90×10^{-6}	29,328,994	261
2	デンジソウ	6.43×10^{-5}	19,514,737	1254
3	サンショウモ	5.71×10^{-6}	28,278,915	161
4	オオアカウキクサ	4.10×10^{-5}	30,881,499	1267
5	ヤナギヌカボ	4.26×10^{-5}	7,101,914	303
6	ヒメビシ	1.42×10^{-4}	12,341,354	1755
7	ミズトラノオ	3.56×10^{-4}	3,406,671	1214
8	オオニガナ	5.10×10^{-5}	2,124,976	108
9	アギナシ	4.38×10^{-6}	11,085,960	49
10	イトトリゲモ	1.53×10^{-4}	11,618,822	1782
11	ミズアオイ	6.68×10^{-5}	12,010,897	802
12	カキツバタ	6.32×10^{-6}	6,297,533	40
13	ミクリ	1.90×10^{-6}	12,588,373	24
14	ナガエミクリ	1.10×10^{-5}	12,588,373	139
15	ミズトンボ	1.49×10^{-6}	2,226,034	3
合計				9163

リスク削減のためのコストは、
1ELB (年) 当たり 10億 ~ 39億円

その費用で削減されるリスクは、
期待多様性 (ELB) 9200年

B / R 比 = 11 ~ 42 万円 / ELB (年)

リスク評価で何がしたいか、何ができるか、何ができないか
化学物質のリスク評価が出発点になっている（生態リスク）

課 題	必要な手法	現 状
7. 生物保護のための環境基準値の設定	無影響濃度(個体レベル)	広く使われている
8. 野生生物の管理	個体群レベルリスク評価	使われつつある 松田氏の論考参照)
9. 特定生物へのリスクの原因の同定(異種のリスクの比較)	個体群レベルリスク評価(化学物質と取水など)	研究として、米国では一般的
10. 生態系保護政策の効率比較	個体群、生態系レベル評価と社会経済分析	岡ら

33

$$B/R \text{ (ecological)} = X \qquad 1 \text{ unitの} R \text{ (eco)} = X$$

$$B/R \text{ (human)} = Y \qquad 1 \text{ unitの} R \text{ (hum)} = Y$$

生態リスクと人の健康リスクの交換のための、
ある種のlevelを設定するための、枠組みはできた

34

リスク評価で何がしたいか、何ができるか、何ができないか
化学物質のリスク評価が出発点になっている（統合リスク）

課 題	必要な手法	現 状
11．生態系保全のために支出可能な費用	全地球的視野での生態リスク評価	概論的なものあり
12．人の健康リスク（削減）と生態リスク（増加）のバランス		パターン解析程度 中丸らのDDT研究
13．リスクの南北比較		容易

35

Chemosphere（Elsevier刊）に一挙15報の論文が掲載される

論文の概要（英語と日本語）は、以下のアドレスで読むことができる

<http://risk.kan.ynu.ac.jp/rmg/>

36

ご静聴ありがとうございました

書籍：中西準子「水の環境戦略」（岩波新書）
 中西準子「環境リスク論」（岩波書店）
 中西準子「東海道水の旅」（岩波ジュニア新書）

連絡先：産総研化学物質リスク管理研究センター
 電 話：029-861-8452
<http://homepage3.nifty.com/junko-nakanishi/>

詳細リスク評価書の全文または、Executive Summaryは、
 化学物質リスク管理研究センターのホームページで
 ダウンロード出来ます。
<http://unit.aist.go.jp/crm/>

37

表1——リスク評価で何がしたいか、何ができるか、何ができないか、化学物質のリスク評価が出発点になっている。

番号	課 題	必要な手法	現 状
人健康 リスク	1 (人の健康保護を目的とした)環境基準値、食品添加物等の許容基準値設定	無作用量、発がんポテンシー	広く使われている
	2 新規リスク要因の発見	1と3	広く使われている
	3 リスクの比較・ランキング	異種のリスク比較	発がんリスク同士の比較は容易、非がんリスクの比較は難しい
	4 リスク削減政策の優先順位	異種のリスク比較、社会経済解析	中西らの研究、英米豪で政策評価に
	5 人の健康リスク削減政策の効率比較(医療、福祉、安全、環境)	異なるセクターのリスク比較、社会経済解析	Tengs ら ⁽⁴⁾ 、岸本ら ⁽²⁾
	6 人の健康リスク削減のために支出可能な費用	WTP など、ベネフィット評価、コストベネフィット解析	英米で政策評価に使われている(岡氏の論文参照)
生態 リスク	7 生物保護のための環境基準値の設定	無影響濃度(個体レベル)	広く使われている
	8 野生生物の管理	個体群レベルリスク評価	使われつつある(松田氏の論文参照)
	9 特定生物へのリスクの原因の同定(異種のリスクの比較)	個体群レベルリスク評価(化学物質と取水など)	研究として、米国では一般的
	10 生態系保護政策の効率比較	個体群、生態系レベル評価と社会経済分析	岡ら ⁽⁴⁾
統 合	11 生態系保全のために支出可能な費用	全地球的視野での生態リスク評価	概論的なものあり
	12 人の健康リスク(削減)と生態リスク(増加)のバランス		パターン解析程度、中丸らのDDT研究 ⁽²⁾
合	13 リスクの南北比較		容易