



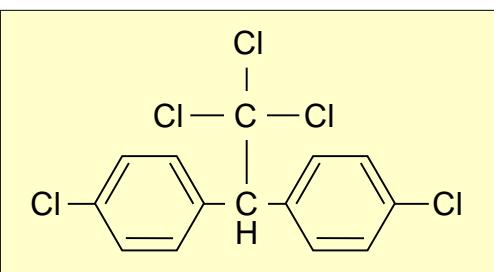
# リスク解析のめざすもの

(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

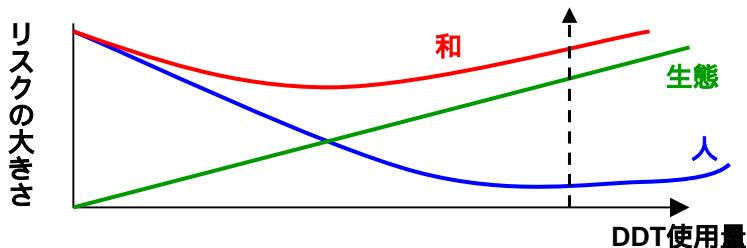
## POPs条約 (残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約)

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。

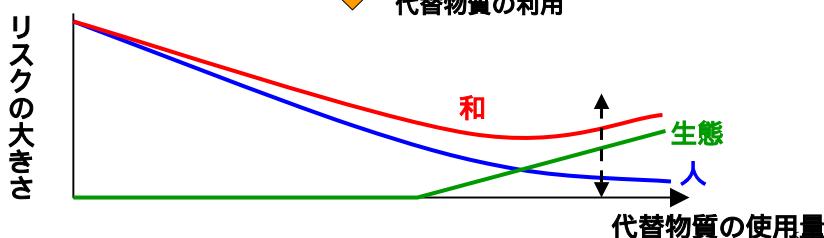
製品	製造・使用の禁止	アルドリン（農薬・殺虫剤）、クロルデン（農薬・殺虫剤）、ディルドリン（農薬・殺虫剤）、エンドリン（農薬・殺虫剤）、ヘブタクロル（農薬・殺虫剤）、ヘキサクロロベンゼン（殺虫剤・工業原料）、マイレックス（殺虫剤）、トキサフェン（殺虫剤）、PCB（工業製品）
	原則製造・使用の禁止	DDT（農薬・殺虫剤） (マラリヤ対策用だけは認める)
非意図的生成物	排出削減	ダイオキシン、ジベンゾフラン、ヘキサクロロベンゼン、PCB

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することを知ったペルー  
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
プロモホルム	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

	エンドポイント				
	障害		非がん		
	致死的	がん	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であるという考え方  
リスク評価が行われてきた

この考え方方が、予防原則という主張を生みだした

- 〔 Precautionary principle
- Precautionary approach

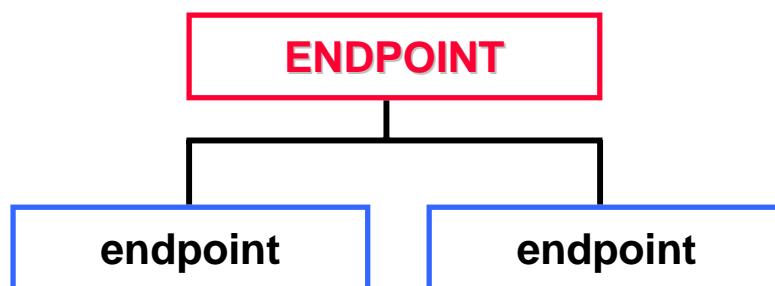
HQ < 1ならリスクはゼロであるという考えを  
乗り越える必要がある

同時に、影響の大きさの重み付けが必要

13

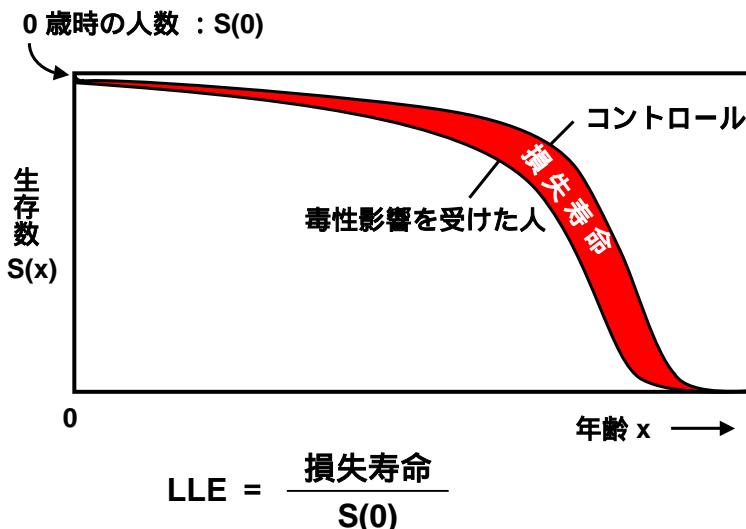
## 評価尺度をどう統一するか

- 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)



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、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、ペネフィット評価、コストペネフィット解析	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)

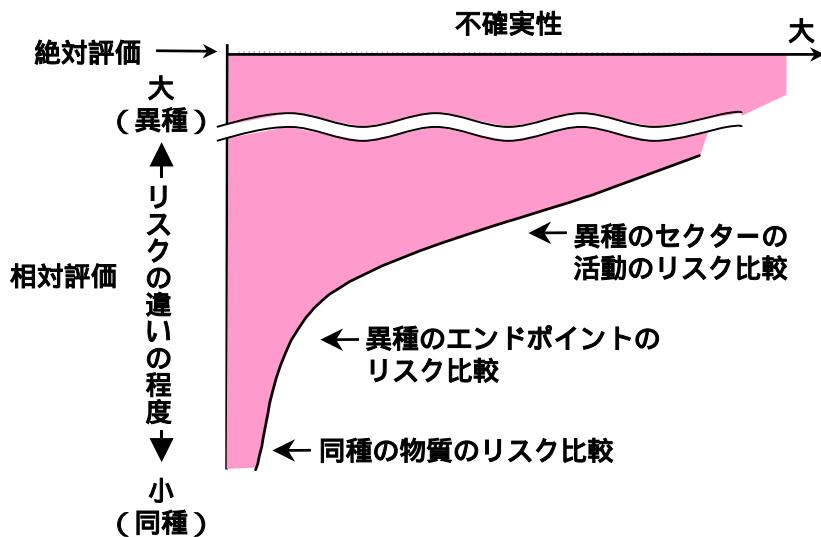
19

## 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

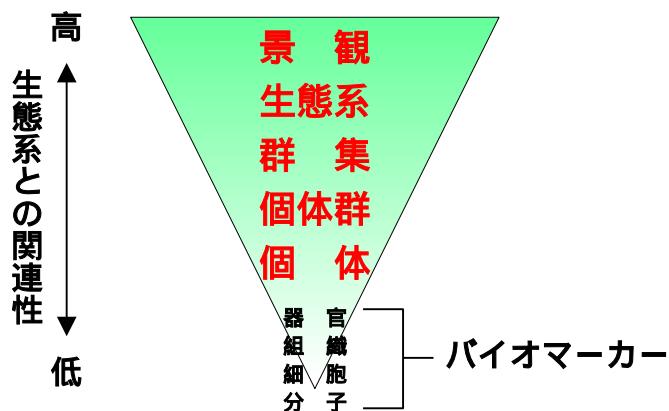


21

生態リスクにどう取り組むか

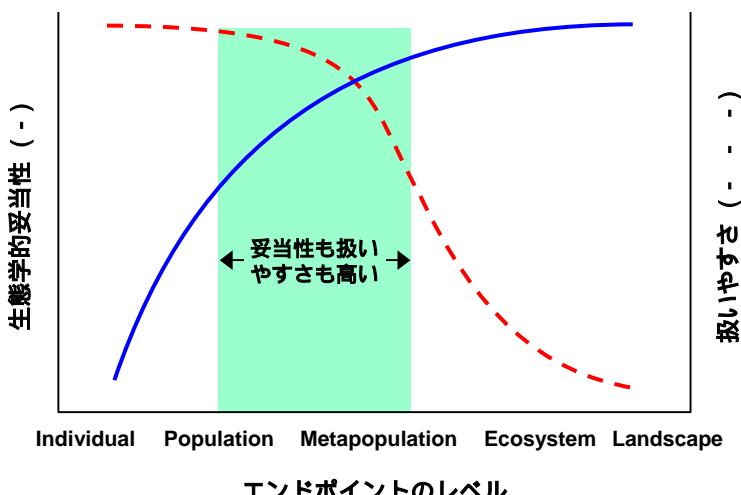
22

## 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

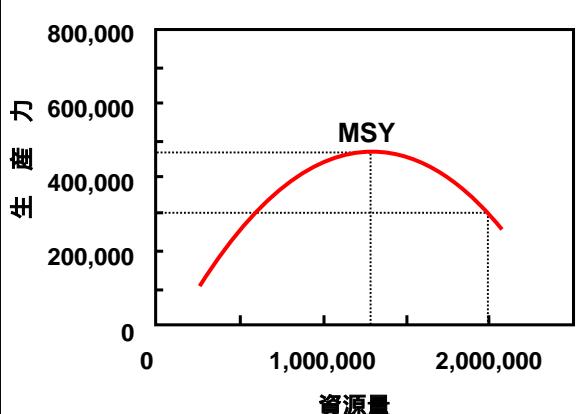
有機塩素化合物	2 ~ 3% 減	個体への影響あり 個体群への影響あり
漁業に伴う副次的な捕獲	27% 減	
個体数	減少続く	

コアホウドリ (Laysan Albatross)

有機塩素化合物	なし	個体への影響あり 個体群への影響なし
漁業に伴う副次的な捕獲	18% 減	
個体数	増加	

25

## population-level リスク管理の考え方 漁業資源保全の考え方にして



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

水産総合研究センターホームページより

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

近似式  $\log T = (1/CV^2)\log K + C$   
 $CV^2 = e^2/2rs$

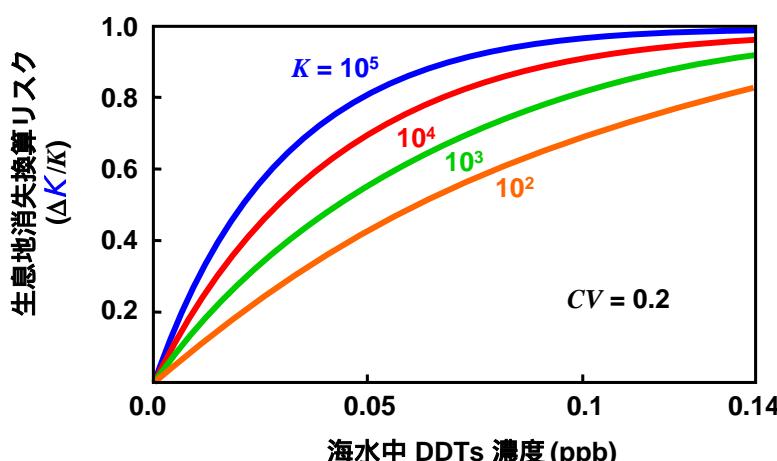
2.  $\log T (= \log T - \log T')$  に相当する生息地消失換算リスク  $\log K$  をもとめる。

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

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 -



## 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 $Y_i(\text{年})$	期待多様性損失 ELB(年)
1	ミズニラ	$8.90 \times 10^{-6}$	29,328,994	261
2	デンジソウ	$6.43 \times 10^{-5}$	19,514,737	1254
3	サンショウモ	$5.71 \times 10^{-6}$	28,278,915	161
4	オオアカウキクサ	$4.10 \times 10^{-5}$	30,881,499	1267
5	ヤナギヌカボ	$4.26 \times 10^{-5}$	7,101,914	303
6	ヒメビシ	$1.42 \times 10^{-4}$	12,341,354	1755
7	ミズトラノオ	$3.56 \times 10^{-4}$	3,406,671	1214
8	オオニガナ	$5.10 \times 10^{-5}$	2,124,976	108
9	アギナシ	$4.38 \times 10^{-6}$	11,085,960	49
10	イトトリゲモ	$1.53 \times 10^{-4}$	11,618,822	1782
11	ミズアオイ	$6.68 \times 10^{-5}$	12,010,897	802
12	カキツバタ	$6.32 \times 10^{-6}$	6,297,533	40
13	ミクリ	$1.90 \times 10^{-6}$	12,588,373	24
14	ナガエミクリ	$1.10 \times 10^{-5}$	12,588,373	139
15	ミズトンボ	$1.49 \times 10^{-6}$	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

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

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

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

**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、発がんポテンシール	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 <sup>(1)</sup> 、岸本ら <sup>(2)</sup>
	6 人の健康リスク削減のために支出可能な費用	WTPなど、ペネフィット評価、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)
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、米国では一般的な分析
	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 <sup>(3)</sup>
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 <sup>(4)</sup>
合	13 リスクの南北比較		容易