

リスク便益分析とリスク管理
Risk/Benefit Analysis and Risk
Management
——成果と課題——

岡敏弘 Oka, Toshihiro

福井県立大学 Fukui Pref Univ

CREST, 科学技術振興事業団 JSTC

リスク便益分析とは Risk-Benefit Analysis

- 費用効果分析の一形態である

A form of cost-effectiveness analysis

- リスク削減費用／削減リスク量を求める

To obtain a ratio of the cost for risk-reduction to the quantity of the risk reduced

- CPLYS (生存年1年当たりの費用)の形で算出

In terms of CPLYS (cost per life-year saved)

環境化学物質規制のCPLYS

CPLYS's for chemical risk control

事例 Policy	CPLYS (million yen)	出典 Source
クロルデン禁止 Ban of chlordane	45	Oka et al, 1997
苛性ソーダ製造での水銀法廃止 Mercury (caustic soda production)	570	Nakanishi et al, 1998
乾電池の無水銀化 Mercury (dry batteries)	22	Nakanishi, 1995
ガソリン中ベンゼン規制 Benzene control	230	Kajihara et al, 1999
ダイオキシン(緊急対策)Dioxin (emergency)	9.5	Kishimoto et al,2001
ダイオキシン(恒久対策)Dioxin (long-term)	125	Kishimoto et al,2001
自動車Nox法 Nox for automobiles	86	Oka, 1996
フロン回収 CFCs collection from refrigerators	150	Oka, 1996

リスク便益分析の結果の使い方(1)

How to use the results (1)

- 政策の優先順位づけ Priority setting
 - 例えば、ディーゼル排ガスの微粒子の規制のCPLYSが4400万円を超えない(中西2000)としたら、ダイオキシン恒久対策を進めながら、ディーゼル排ガス規制を怠る理由はない。
 - If the control of particulate matters from diesel-engined vehicles costs not more than 44 million yen per life-year saved (Nakanishi 2000), there is no reason why not to introduce this control when dioxin emissions are to be reduced by the ‘long-term countermeasures’.

リスク便益分析の結果の使い方(2)

How to use the results (2)

- 健康にかかわる他の公共プロジェクトとの比較
Comparison with other health-related public projects

分野 Category	事例数 No. of cases	CPLYS (million yen)	
		平均Mean	中央Median
安全 Safety control	5	44	30
環境 Environmental control	16	1100	320
保健医療(予防) Health care (prevention)	37	3.9	2.4
保健医療(治療) Health care (treatment)	27	2.7	0.76

環境規制のCPLYSが高い理由

Why are CPLYS's higher in environmental regulations?

- 安全規制や保健医療プロジェクトには、自発的に減らせるリスクの削減が混入している。

Voluntarily risks are included in safety regulations and health care projects.

- 環境リスクには健康以外のリスクが含まれている——生態系リスク——

Other risks than health-related ones may be reduced by environmental regulations——ecological risks.

リスク便益分析の結果の使い方(3)

How to use the results (3)

- 費用便益分析に結びつける。

To perform cost-benefit analyses (CBA).

- Benefits per life-year saved と CPLYYS との比較
- 便益は、リスク1単位削減への支払意思額(WTP)として測られる。
Benefit is measured as WTP for reducing a unit of risk.
- 人命1件あたりのWTPとしてのVSLがよく使われる。
VSL(value of a statistical life) is WTP per life.

費用便益分析の困難

Difficulty in CBA

- 米国のVSLは、US\$1.6～US\$8.5 百万円 (1986)
VSL in US ranges from US\$1.6 to US\$8.5 million (1986).
英国のVSL(交通)は、90万ポンド
VSL in UK is £900 000.
- 日本のVSLが10億円を超えることはないだろう→余命1年の価値が1億円を超えることはないだろう。
It would be safe to regard VSL is not larger than 1 billion yen also in Japan. It means that value of a life-year is unlikely to exceed 100 million yen.

環境リスクへのVSLは大きいか

Should we use a higher VSL for the environment?

- 非自発的リスクには高いVSLを使うべきだという議論がある。イギリスでは2~3倍の値が使われている。しかし...

A higher VSL is often proposed for the environment, but...

- VSLはWTPに基づいていた。WTPとは、人々が自分でリスクを減らそうとする場合に自発的に支払ってもよいと思う金額である。非自発的状況でのWTPは存在しない。

There can be no WTP for involuntary risks.

- Jones-Lee and Loomes (1995)は、非自発的リスクに対する高いWTPを観察したと主張したが...

Did Jones-Lee and Loomes (1995) really observe WTP for involuntary risks?

生態リスク便益分析

Ecological risk-benefit analysis

- 本プロジェクトの重要な目的の1つ——リスク便益分析の枠組に組み込めるような生態リスクの指標を開発すること。

To develop a risk measure that can be incorporated into risk-benefit analysis is an object of this project.

- リスク便益分析に組み込むためには、リスク指標が、評価対象とする政策の全影響を表すものでなければならない。

To do so, the risk measure should represent the whole impact of a particular policy or programme.

- 中池見という面的開発を対象にすることでそれができた。

Such a risk measure was developed for the land use conversion of Nakaikemi Wetland.

期待多様性損失指標

Expected loss of biodiversity (ELB)

- $ELB = \sum \Delta(\text{絶滅確率}) \times (\text{多様性重み})$

$$ELB = \sum \Delta(\text{probability of extinction}) \times (\text{diversity weight})$$

- 絶滅確率の増加分は、植物レッドリスト作成に使われた絶滅シミュレーションで計算。

The increments in the probabilities of extinction of the plant species in Nakaikemi were calculated by a simulation used for making the Red List for vascular plants in Japan.

- 多様性重みは、進化系統樹の総枝長への種の寄与分によって与えた。
- The diversity weight was calculated as the contribution of a species to the total length of the branches of the phylogenetic tree.

中池見消失の期待多様性損失 ELB from the loss of Nakaikemi

No	Species	Increment in the probability of extinction per year due to the loss of Nakaikemi ΔP_i	Contribution of species to the global biodiversity Y_i (year)	ELB $\Delta P_i Y_i$ (year)
1	Isoetes japonica	8.9×10^{-6}	29328994	261
2	Marsilea quadrifolia	6.4×10^{-5}	19514737	1254
3	Salvinia natans	5.7×10^{-6}	28278915	161
4	Azolla japonica	4.1×10^{-5}	30881499	1267
5	Persicaria foliosa	4.3×10^{-5}	7101914	303
6	Trapa incisa	1.4×10^{-4}	12341354	1755
7	Eusteralis yatabeana	3.6×10^{-4}	3406671	1214
8	Prenanthes tanakae	5.1×10^{-5}	2124976	108
9	Sagittaria aginashi	4.4×10^{-6}	11085960	49
10	Najas japonica	1.5×10^{-4}	11618822	1782
11	Monochoria orsakowii	6.7×10^{-5}	12010897	802
12	Iris laevigata	6.3×10^{-6}	6297533	40
13	Sparganium erectum	1.9×10^{-6}	12588373	24
14	Sparganium japonica	1.1×10^{-5}	12588373	139
15	Habenaria sagittifera	1.5×10^{-6}	2226034	3
				9163

(Oka, Matsuda and Kadono 2000)

中池見の便益/リスク比

Benefit/risk ratio of Nakaikemi

- 開発便益は、10～39億円/年。
The benefit from the development is 1.0～3.9 billion yen.
- 便益/リスク比は、11～42万円/年-ELB
The B/R ratio is 110 000～420 000 yen/year-ELB.

愛知万博会場との比較

Comparison with EXPO 2005 site

No	Species	Increment in the probability of extinction per year due to Expo 2005 ΔP_i	Contribution of species to the global biodiversity Y_i (year)	ELB $\Delta P_i Y_i$ (year)
1	<i>Salvia isensis</i>	5×10^{-5}	3406671	170
2	<i>Siphonostegia laeta</i>	2×10^{-6}	3858808	8
3	<i>Eularia speciosa</i>	2×10^{-6}	3110974	6
4	<i>Najas japonica</i>	3×10^{-6}	11618822	35
5	<i>Magnolia</i>	3×10^{-7}	11535844	3
6	<i>Agrostis valvata</i>	2×10^{-7}	3110974	1
7	<i>Najas indica</i>	7×10^{-7}	11618822	8
8	<i>Bletilla striata</i>	1×10^{-7}	2226034	0
9	<i>Alnus trabeculosa</i>	9×10^{-8}	9533441	1
10	<i>Gastrodia</i>	9×10^{-8}	2226034	0
11	<i>Cephalanthera</i>	3×10^{-8}	2226034	0
12	<i>Ajuga makinoi</i>	1×10^{-8}	3406671	0
				233

(Matsuda et al. 2000 から作成)

化学物質リスク削減との比較

Comparison with chemical control

- Nakamaru et al (2001)によるDDTのリスク評価
 - 卵中DDTs濃度を32.0ppmから1.39ppmに減らす規制による絶滅確率の減少 Reduction in the probability of population extinction through the reduction in DDT concentration from 32.0ppm to 1.39ppm.

集団の個体数 Population	$\Delta(1/T)$	
	タカ科 Accipitridae	カモメ科 Laridae
100	6.4×10^{-6}	4.2×10^{-4}
300	2.3×10^{-11}	1.5×10^{-7}
1000	2.2×10^{-20}	1.6×10^{-14}

- 人口1000万人の地域(アフリカ)で、マラリア防除に使われていたDDTを禁止する規制が導入されるとする。

Ban of DDT for malaria control affecting population of 10 million.

- 仮定 Assumptions

- 個体数100のタカ科の集団、個体数300のカモメ科の集団が影響を受けている。A population of Accipitridae with 100 individuals and a population of Laridae with 300 individuals are affected.
- タカ科の任意の種の任意の集団の多様性重みを827742年、カモメ科のそれを1636064年とする。Diversity weight:
Accipitridae=827742 [years], Laridae=1636064 [years]
- マラリア防除費用はUS\$0.26/人/年上昇する。The annual cost for malaria control will increase by US\$0.26 per capita.

- ELBの減少は5.6年、費用はUS\$260万

Decrease in ELB=5.6 [years]; Cost=US\$2.6 million

- B/R比は、47万ドル/年-ELB (5200万円/年-ELB)
B/R=US\$470 000/year-ELB (52 million yen/year-ELB)

健康リスクと生態系リスクとの統合

Integration of health and ecological risks

2つの考え方 Two approaches

- $$\frac{Cost}{W_h \Delta(LLE) + W_e \Delta(ELB)}$$
- $$\frac{Cost - V \Delta(LLE)}{\Delta(ELB)}$$

- 生態系リスクのほとんどない物質については、分子の正負を見る。生態系リスクが問題になる物質では、この比を相互比較する。

For the chemicals having little ecological risks, only the the sign of the numerator matters.

さらなる課題

Further issues

- 健康リスク指標

Index of human health risk

– LLEかQALYか

- 技術変化の可能性と効率性指標

- Application of CBA and CEA in a changing world

– 動学的効率性の指標 An index of dynamic efficiency

$$\frac{B}{C} + \frac{\Delta C}{C} > \frac{I}{C} + 1$$