

一般廃棄物焼却施設におけるダイオキシン 排出削減対策の社会経済評価

Socio-Economic Analysis of Dioxin Reduction Measures in Japan

岸本 充生(資源環境技術総合研究所)

KISHIMOTO, Atsuo: National Institute for Resources and Environment

岡 敏弘(福井県立大学)

OKA, Toshihiro: Fukui Prefectural University

吉田喜久雄(資源環境技術総合研究所)

YOSHIDA, Kikuo: National Institute for Resources and Environment

中西準子(横浜国立大学)

NAKANISHI, Junko: Yokohama National University

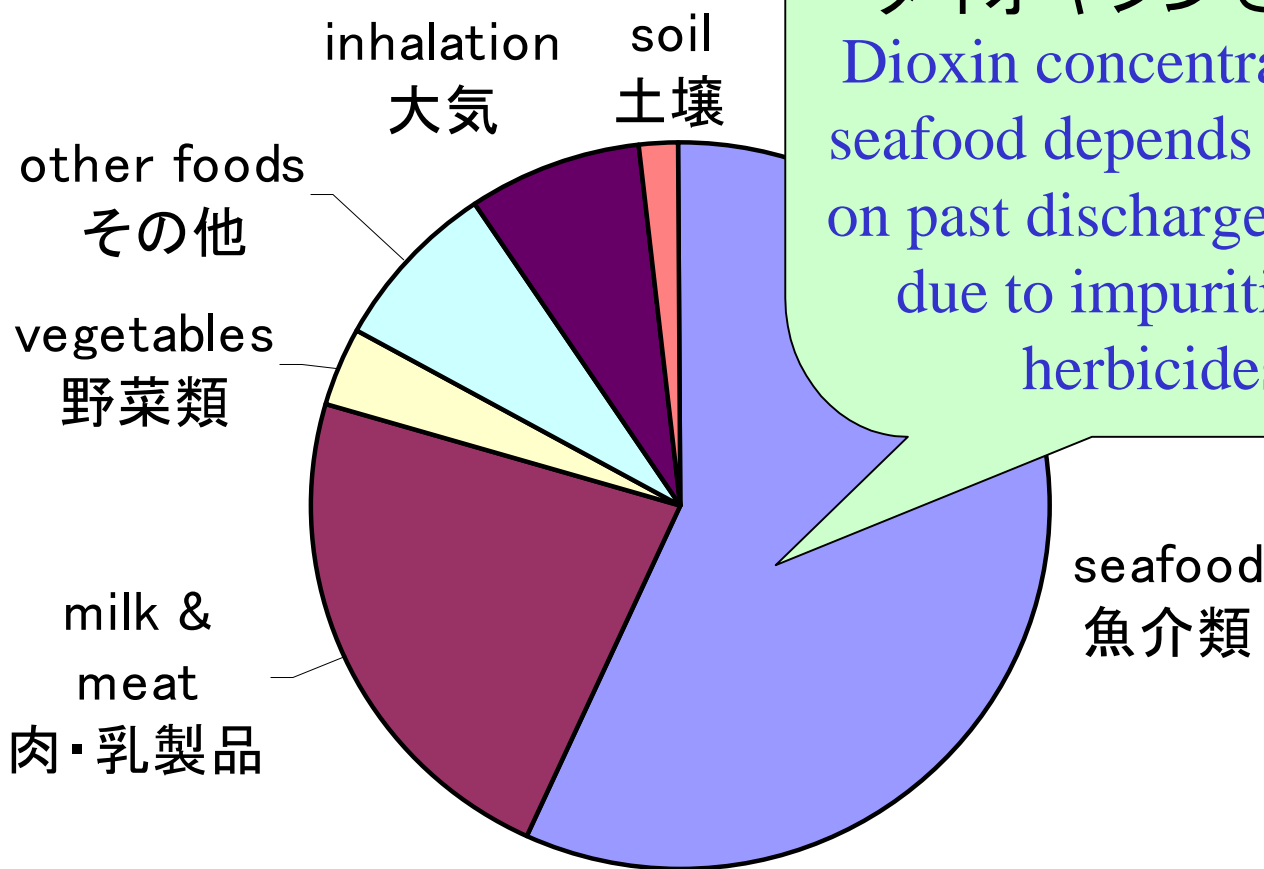
一般廃棄物焼却施設への規制が効率的でない かもしれない理由

Why the regulation on Municipal Solid Waste Incinerators (MSWIs) may be inefficient?

1. 緊急・恒久対策は、客観的な評価ではなくて、ダイオキシンの健康影響を危惧する国民の声に後押しされて決定された。

These regulations are not based on any systematic assessment; rather, they were pushed by strong public opinion.

2. ダイオキシン摂取の半分以上 More than half of dioxin intake



魚介類の主要な汚染ルートは、過去に水田に放出された除草剤に不純物として含まれていたダイオキシンである。

Dioxin concentration in seafood depends strongly on past discharge mainly due to impurities in herbicides

本研究では (In this study)

- 一般廃棄物焼却施設におけるダイオキシン対策の年間費用を推計

Annual costs are estimated by telephone survey and model calculations

- 対策の効果としての発がん件数の年間削減数を推計

Annual decrease in the incidence of cancer is estimated

* ダイオキシン排出量の年間削減量を推計

Annual decrease in the amount of dioxin emissions is estimated

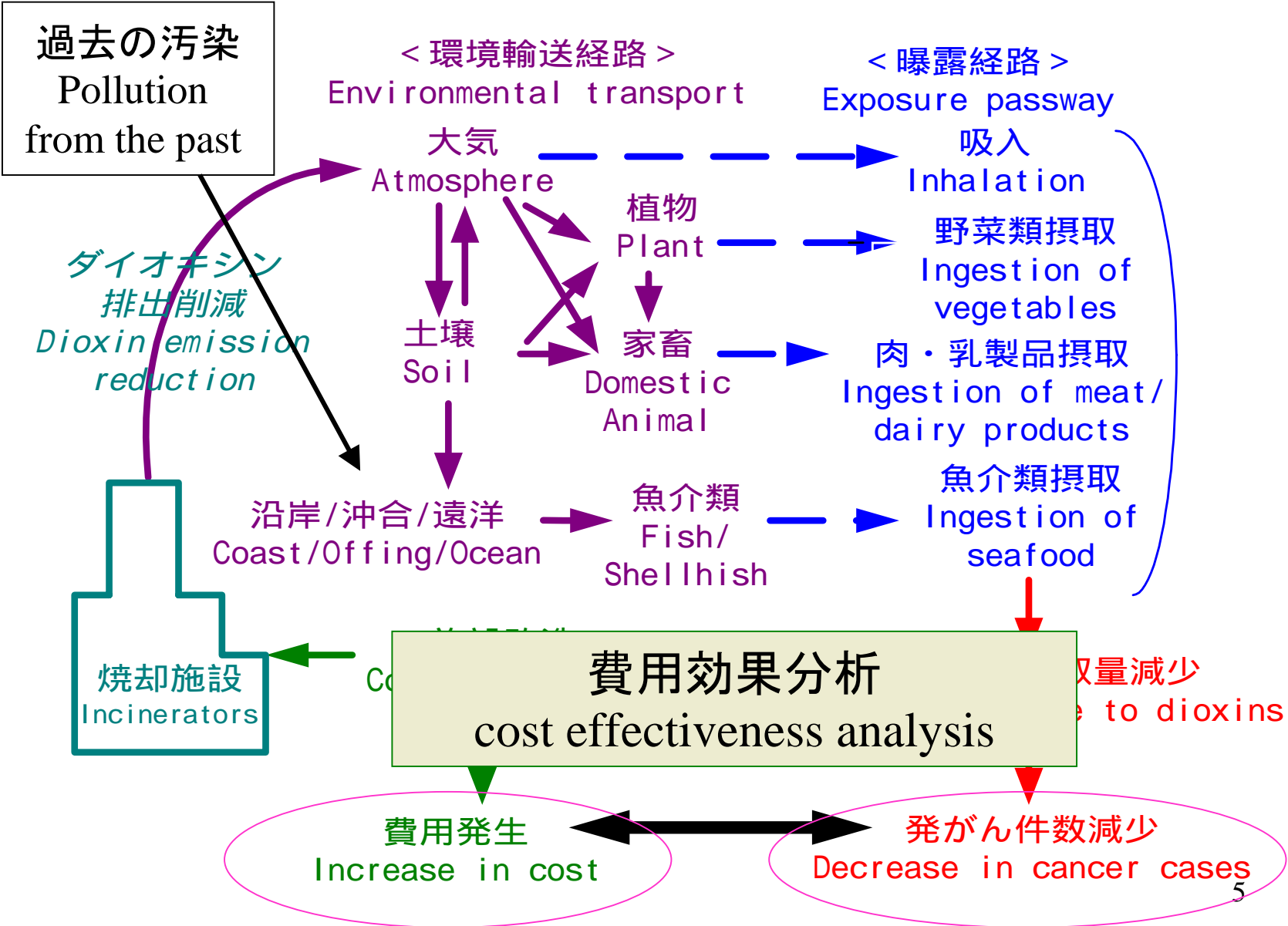
* 数理モデルを使って、毎年の曝露削減量を推計

Using a mathematical model, the annual decrease in human exposure is estimated

* 線形の用量反応関数を用いて発がんの年間削減量を推計

Annual decrease in the incidence of cancer is estimated by applying linear dose response function

ダイオキシン排出削減対策の費用効果分析



1. 緊急対策: *emergency countermeasures*

1997年時点で、排ガス中ダイオキシン濃度が、80ナノグラム／m³よりも高かった、114施設に対してすでに実施された。

Those MSWIs which did not satisfy the temporary emission standard of 80 ng-TEQ/Nm³ in 1997 were forced to take countermeasures.

2. 恒久対策: *log-term countermeasures*

Type of incinerator	Category		Standard ng-TEQ/Nm ³
Continuous-operation incinerators	Newly installed incinerators		0.1
	Existing incinerators	Subject to old guidelines	0.5
		Not subject to old guidelines	1
Others	Existing incinerators	Continuous operation	1
		Intermittent operation	5

Source: Ministry of Health, Labor and Welfare

炉の種類	区分	基準値 (ng/Nm ³)
全連続炉	新設炉	0.1
	既設炉 (旧ガイドライン適用炉)	0.5
	既設炉 (旧ガイドライン非適用炉)	1
准連続炉	既設炉 (連続運転)	1
バッチ炉	既設炉 (間欠運転)	5

出所) 厚生労働省

ダイオキシン類: Dioxins, Dioxin-like compounds

- ①「ポリ塩化ジベンゾパラジオキシン (PCDD)」と、「ポリ塩化ジベンゾフラン (PCDF)」の総称。本研究では「コプラナー PCB (co-PCB)」を含める。

In this study, ‘Dioxins’ refers to not only a family of PCDDs and PCDFs, but also co-PCBs.

- ② ダイオキシン類は、毒性の強さが異なる多数の異性体を持ち、それぞれの毒性の強さは、毒性等価係数 (TEF) によって表される。本研究ではWHO-TEFを用いた。各異性体の量にTEFをかけたものを合計すると、毒性等価量 (TEQ) が得られる。

‘Dioxins’ have many congeners. The relative toxicity of each is weighted by means of toxic equivalency factor (TEF). WHO-TEF is adopted in this study. Toxic equivalent (TEQ) of a mixture of dioxins is obtained when TEF of each congener is multiplied by its amount and the products are summed.

緊急対策の費用計算

Cost of reducing dioxin emissions through the emergency countermeasures

- 緊急対策を実施した114施設のうち、112施設から対策費用データを取得することができた。

Emergency countermeasures were taken at 114 MSWIs. Data on the costs were collected from 112 plants.

- 廃炉の場合、予定よりも早く新しい炉を建設するための費用の増分を、対策費用とした。

In cases of shutting down, costs were defined as the additional costs of building new plants before finishing their expected lifetimes.

緊急対策の費用対効果(1)

Cost effectiveness of emergency countermeasures (1)

対策費用: costs

年間17.4億円

¥1.74 billion/year

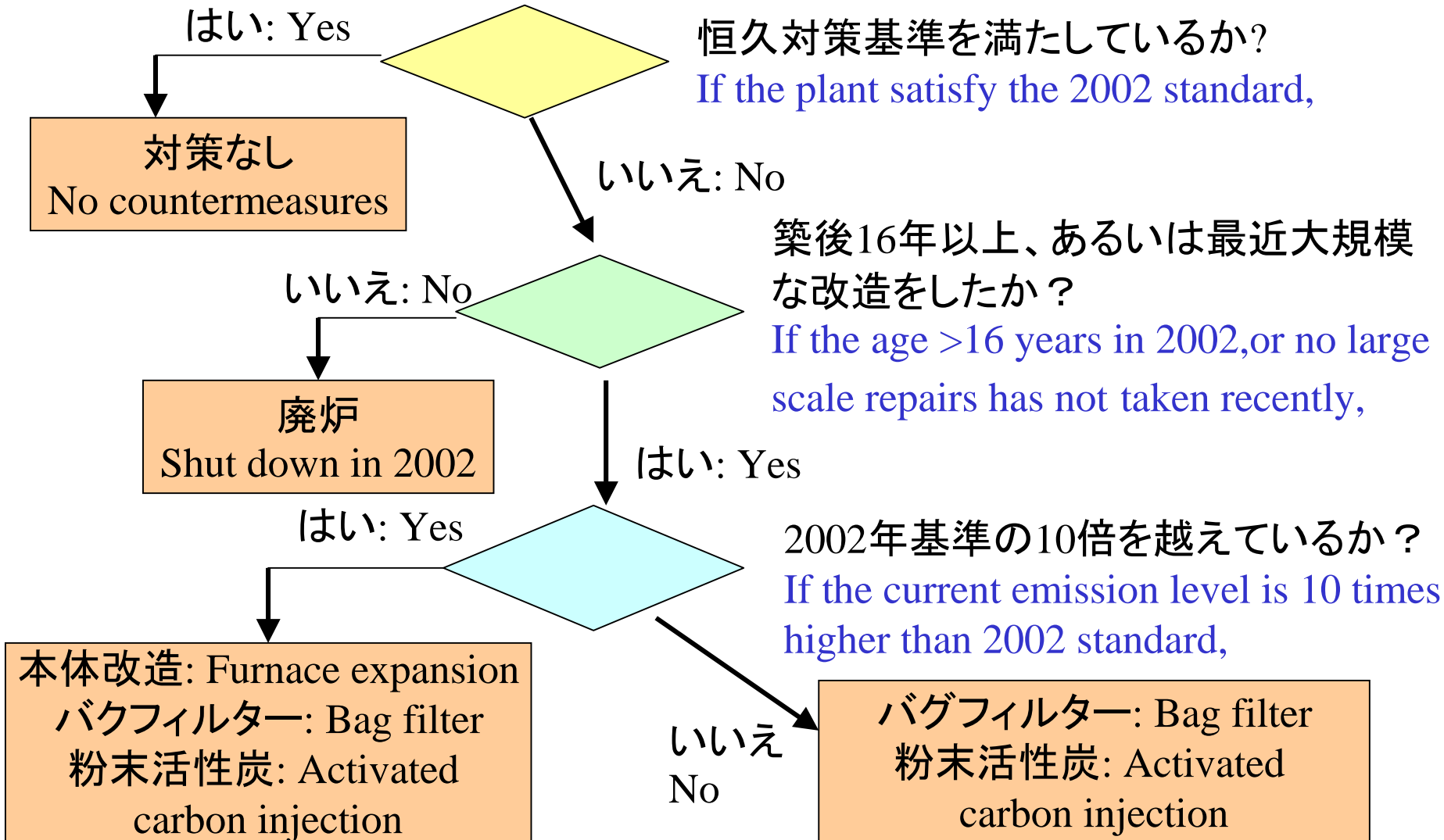
削減効果: effects

年間900g (=18%)

900g/year

1g削減するために、194万円
Cost per gram reduced is ¥1.94 million

恒久対策を行う1655施設の対策費用計算
Cost of reducing dioxin emissions through
the long-term countermeasures



恒久対策の費用対効果(1)

Cost effectiveness of long-term countermeasures (1)

対策費用: costs

年間372億円

¥37.2 billion/year

削減効果: effects

年間2210g (=44%)

2210g/year

1g削減するために、1680万円
Cost per gram reduced is ¥16.8 million

ダイオキシンの排出1g削減は、発がんを年間何件防ぐことができるのか？

How many cancer cases are avoided by reducing 1g of dioxins annually?

「曝露評価」と「用量反応関数」が必要

It is necessary to conduct “exposure assessment” and use “dose response function” .

曝露評価: exposure assessment

- **大気吸入、葉野菜、肉・乳製品**からの摂取量は、排出量の減少と比例して同時に減少する。

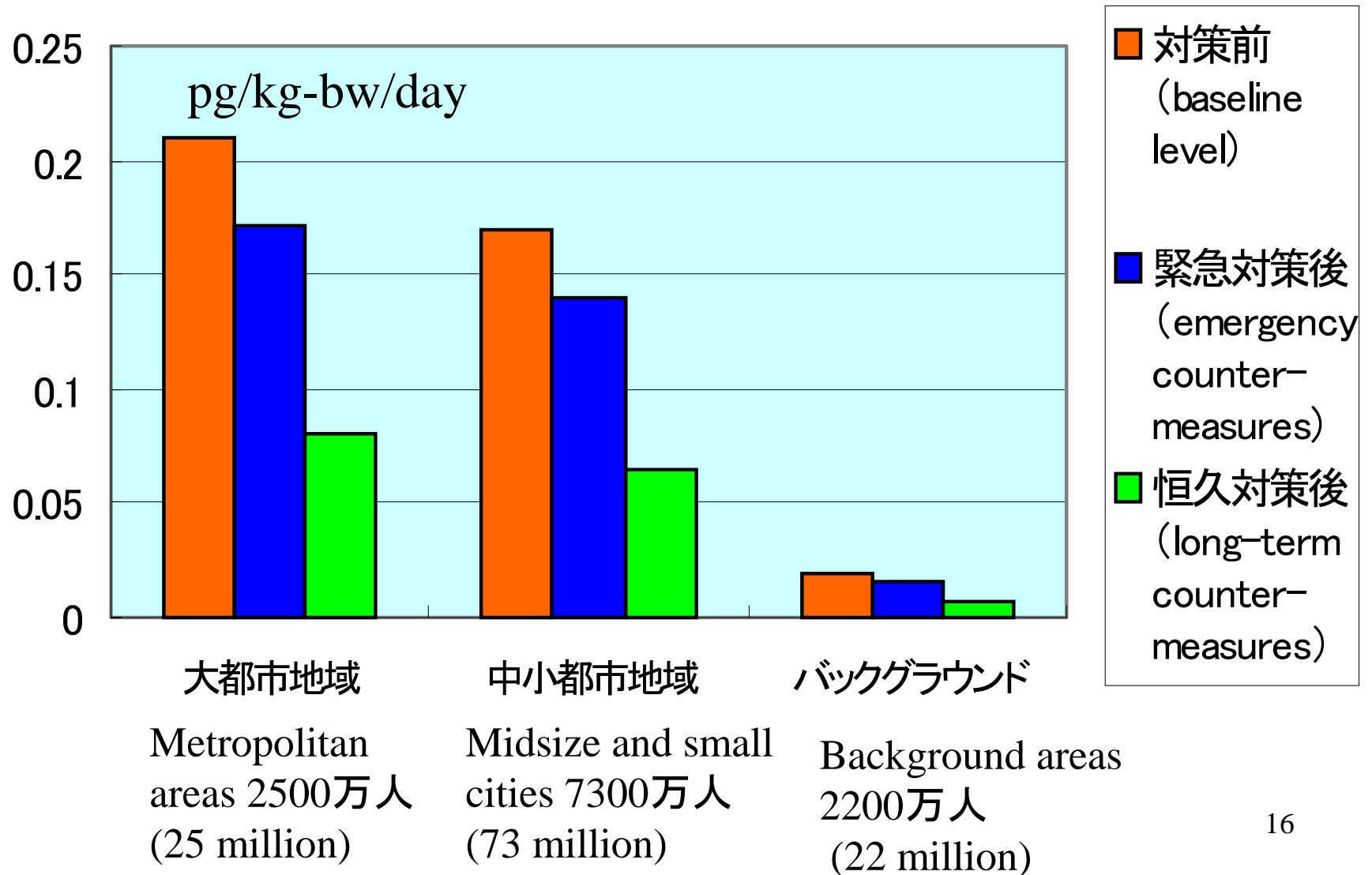
The exposure via inhalation, leafy vegetables, milk and meat will decrease in proportion to the emission reduction.

- **魚介類、根野菜**からの摂取量は、排出削減と曝露削減の間に時間がかかる。

The exposure via ingestion of seafood and root vegetables will take some time after implementation of regulations.

大気経由の曝露量の推移

Change in exposure via inhalation



食物経由の曝露量の推移

Change in exposure via ingestion

これらは、発生源から人の曝露までの輸送経路をモデル化し、過去から未来にわたって曝露量を予測する。

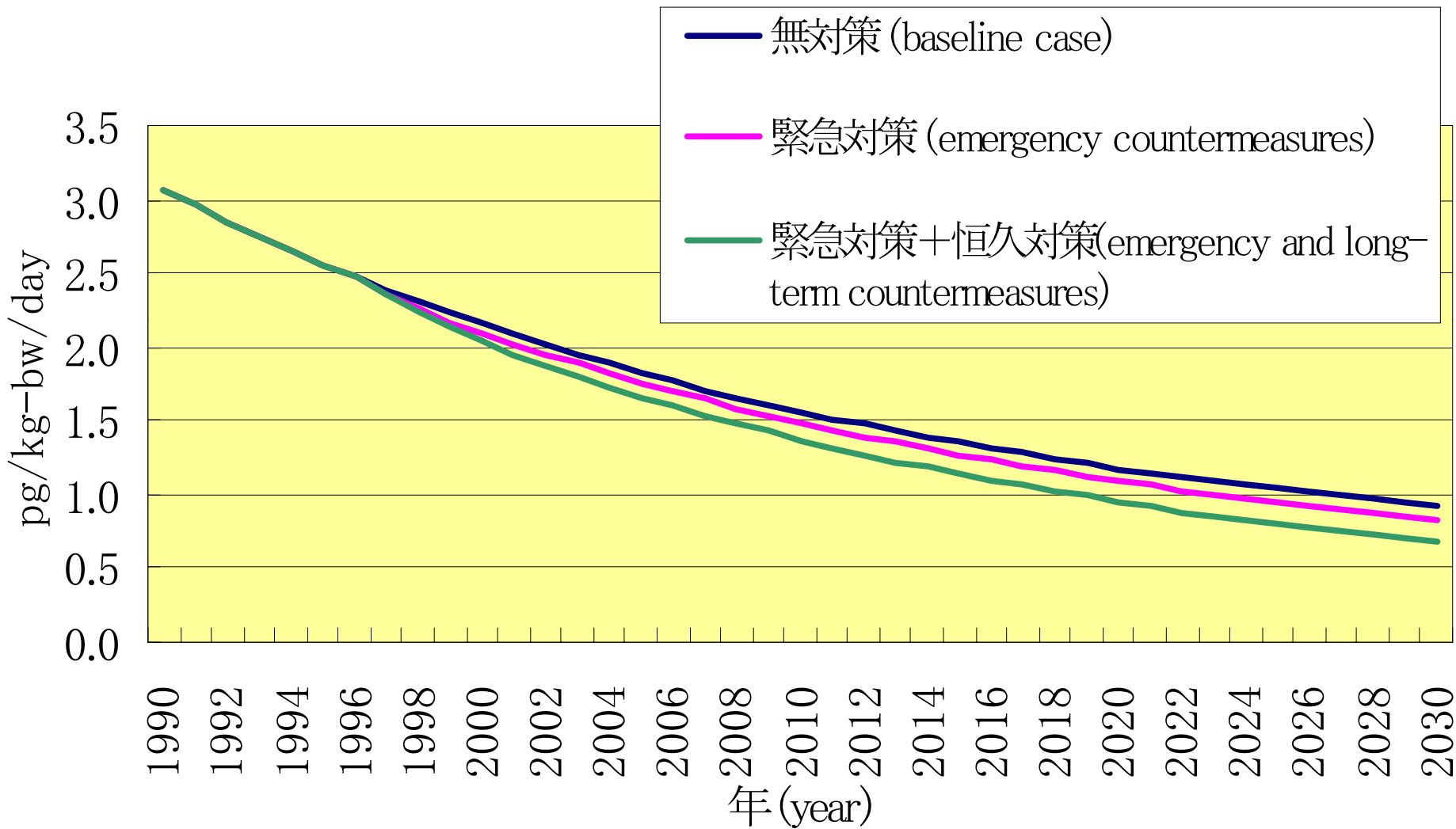
We modeled the transport pathways of dioxins from sources to human bodies and estimated the time course of exposure levels.

3つのシナリオ

- ・ベースラインケース (baseline case)
- ・緊急対策のみが実施された架空のケース
(with only the emergency countermeasures)
- ・緊急および恒久対策が実施された現実のケース
(with the emergency and long-term countermeasures)

食物経路によるダイオキシンの摂取量の予測

Prediction of dioxin intake via ingestion



用量反応関数 (dose response function)

Cancer cases avoided =

$$\Delta \text{dioxins} \times \text{POP} \times (1.0 \times 10^{-4})$$

$\Delta \text{dioxins}$: ダイオキシン削減量 (reduced exposure to dioxins) [pg/kg-bw/day]

POP : 曝露人口 (exposure population)

1.0×10^{-4} : 発がん係数 (cancer slope factor) [pg/kg-bw/day]⁻¹

(Source: U.S.EPA 1994)

獲得余命年数の計算

(Numbers of life-year gained)

- 「生涯を通して摂取した場合の発がん人数」を、「1年間だけ摂取したときの損失余命年数」に換算するための係数が、0.16である (Oka et al. 1997)。

$\text{Life-years gained} = 0.16 \times \text{Cancer cases avoided}$

- 1998年～2030年までの各年に獲得される余命年数を、3%の割引率で現在価値にした値を合計し、さらにそれを年価値に換算すると、1年あたりの獲得余命が計算できる。

The number of life-years gained each year from 1998 to 2030 is discounted at 3%, yielding a present value, and the present value is converted into an annual value.

緊急対策の費用対効果(2)

Cost effectiveness of emergency countermeasures (2)

対策費用: costs
年間17.4億円
\$1.74 billion/year

獲得余命
life-years saved
年間180年
180 years/year

1年寿命を延長するために、およそ950万円
Cost per life-year gained is ¥ 9.5 million

恒久対策の費用対効果(2)

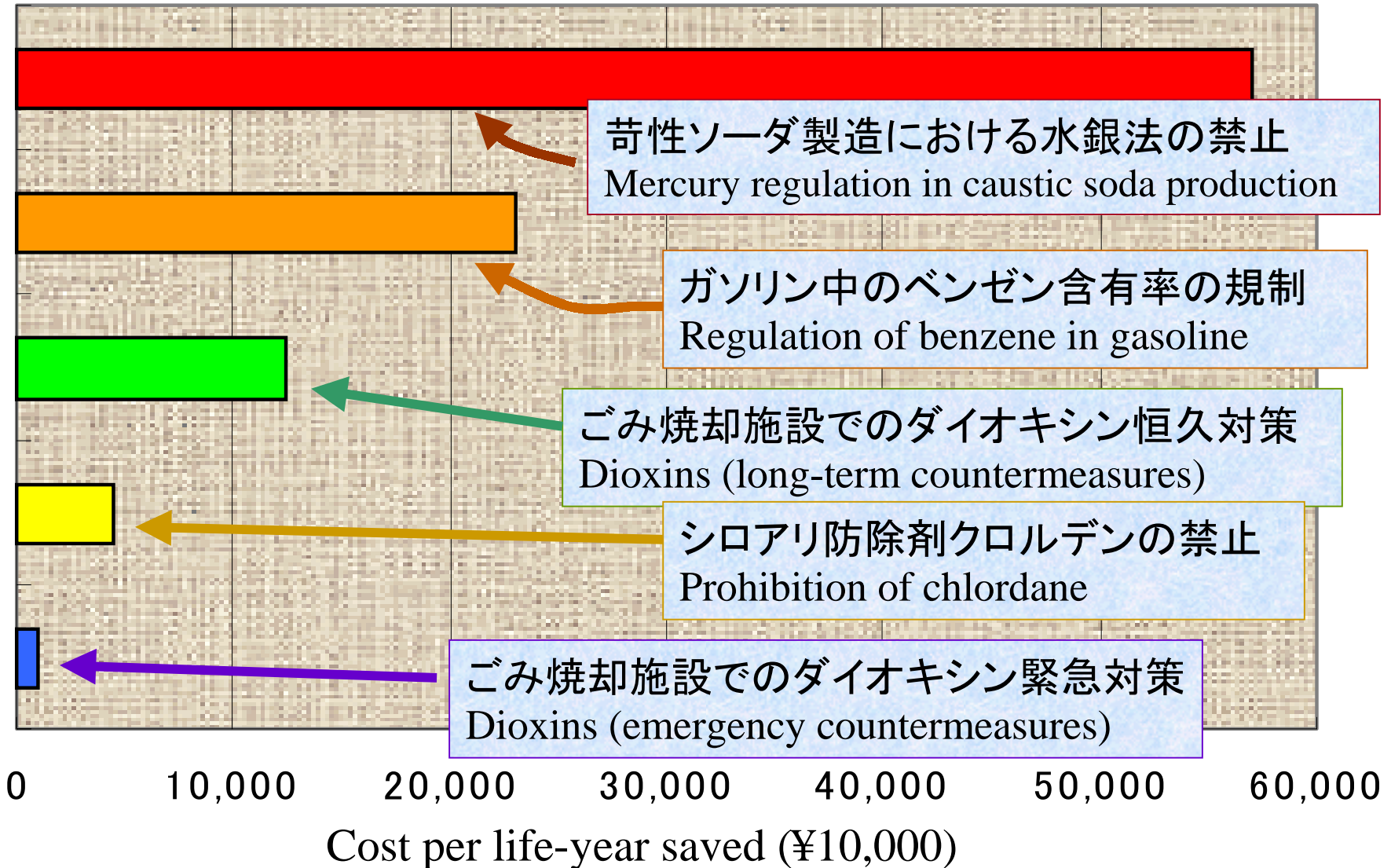
Cost effectiveness of long-term countermeasures (2)

対策費用:costs
年間372億円
¥37.2 billion /year

獲得余命
life-years saved
年間300年
300 years/year

1年寿命を延長するために、およそ1億2500万円
Cost per life-year gained is ¥125 million

化学物質対策の比較 : 1年寿命を延長するためにかけられた費用
Comparison of cost effectiveness among several toxic substances control policies



考察(1): 発がん以外の健康影響

Discussion 1: health effects other than cancer

生殖機能への悪影響、子宮内膜症、および神経行動学的影響といった非発がん影響は、MOEを用いて表現できる。

Effects such as reproductive dysfunction, endometriosis, and neurobehavioral effects are described in terms of the margin of exposure (MOE).

MOEとは、化学物質の環境曝露を伴う用量に対する、影響の10%増加をもたらす用量の95%下限値の比率である。

MOE is defined as the ratio of the lower 95% confidence limit of the dose associated with a 10% increase in effect (LED_{10}) to the dose associated with environmental exposure of a chemical.

- 「生殖機能への悪影響と子宮内膜症に関しては、十分な安全が確保されている」

“The estimated MOE values for reproductive dysfunction and endometriosis were sufficiently high to guarantee safety”

- 「幼児や胎児への神経行動学的影響については、十分注意する必要がある」

“The estimated MOE value for neurobehavioral effects on infants and fetuses was low and worth paying attention to”

(Source: Yoshida et al. 200)

考察(2): 閾値を持つ可能性

Discussion 2: possibility of having threshold

日本人の発がんのMOE値を推計すると、10を大きく上回り、十分な安全が保証されている。

Estimated MOE value for dioxins is much higher than 10 and is sufficient to guarantee safety.

(Source: Yoshida et al. 2000)

考察(3): 用量反応関数のスロープ

Discussion 3: uncertainty in cancer slope factor

U.S.EPAは、本研究が採用した 1.0×10^{-4} という係数以外に、人の疫学調査のデータに基づいたファクターとして、 1.7×10^{-3} (相乗モデル) および 2.8×10^{-3} (相加モデル) を挙げた。

U.S.EPA also estimated the slope factors to be 1.7×10^{-3} (relative risk model) and 2.8×10^{-3} (absolute risk model) for all cancer deaths if the slope factors based on human epidemiologic data are adopted.

月別ダイオキシン報道件数(朝日新聞・東京)

Number of newspaper articles on dioxins by month

