

P-36 臭素系難燃剤DecaBDEが屋内環境に及ぼすリスクとヒトが享受するベネフィット

○井上 知也¹(e-mail: d08hf007@ynu.ac.jp), 益永 茂樹², 中井 里史², 大谷 英雄²

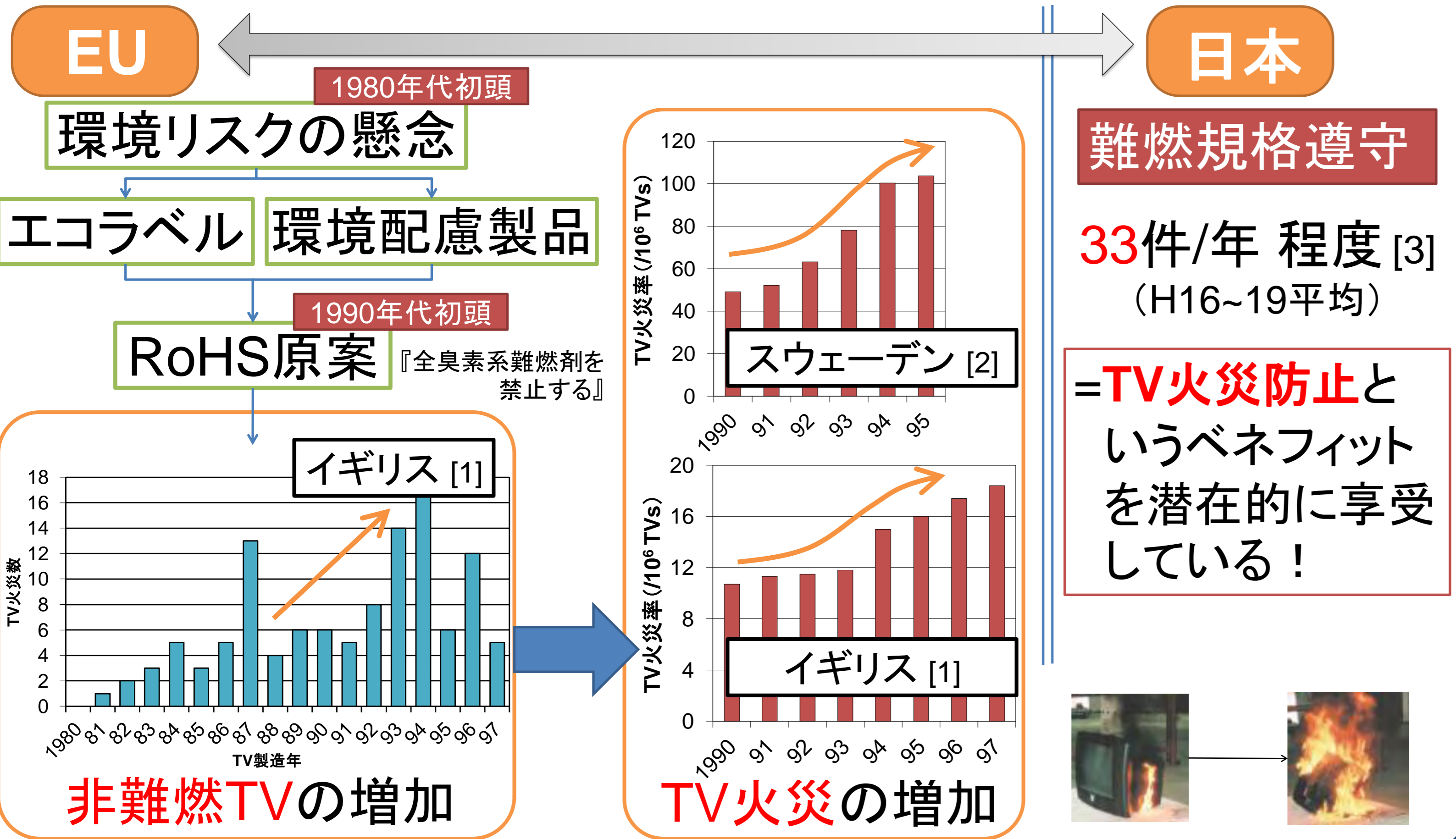
¹ 横浜国立大学 環境情報学府 ² 横浜国立大学 環境情報研究院



Key words: Brominated Flame Retardants, DecaBDE, Cost Benefit Analysis, Risk Trade-off

背景

日本は繊維製品や車内樹脂が主
ブラウン管TVの筐体にはDecaBDEが主に用いられてきた*



目的

DecaBDEを使用した際のリスクとベネフィットを比較した先行研究は行われていない!

「難燃剤のベネフィットとリスクはどの程度あり、比較して議論する必要があるのではないかな?」

- ① 難燃剤はTV火災をどの程度回避しているのか?
- ② 難燃剤はヒト健康リスクをどの程度発現しているのか?
- ③ 難燃剤使用のベネフィットとリスクを比較すると?

DecaBDEが室内環境に及ぼすベネフィット

=TV火災回避

DecaBDEが室内環境に及ぼすリスク

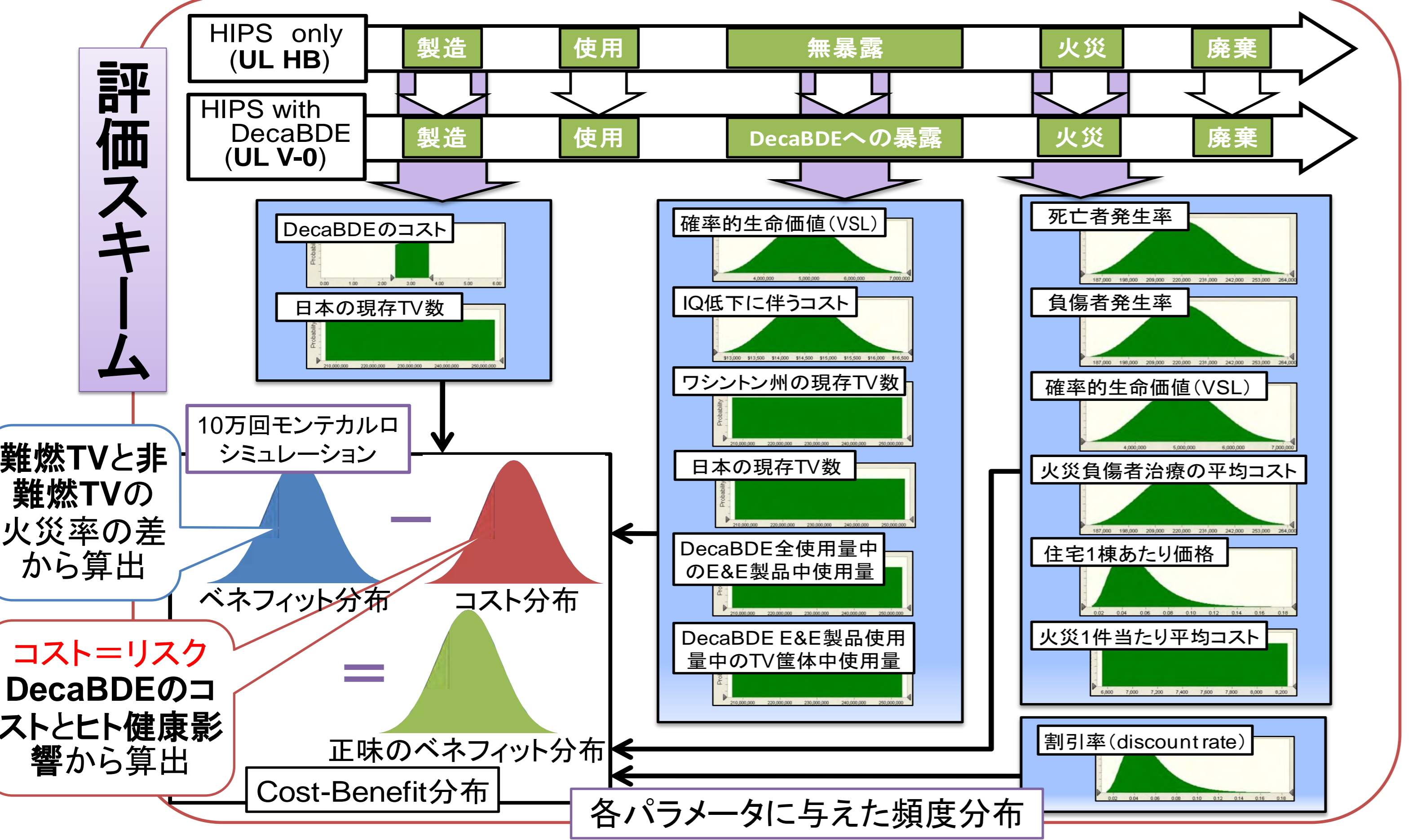
=室内空気・ダスト汚染によるヒト健康リスク

中西ら[4]より, DecaBDEの全曝露量中室内空気吸入, ダスト吸入の寄与はそれぞれ15%, 17%である

方法

解析対象

1990年頃に日本で販売されたTV (日本製TVはすべてDecaBDEが付加された難燃TVだったと仮定)



パラメータ	本解析使用データ (すべて2005年値を想定)	採用理由	パラメータ	本解析使用データ (すべて2005年値を想定)	採用理由
DecaBDEのコスト	¥260~390/TVの二様分布	[5]	回避犠牲者率	0.696 人/年/million TV	[11]
TVの寿命	10年	様々な文献より仮定	回避負傷者率	8.70 人/年/million TV	[11]
割引率 (Discount rate)	0.03~0.10 が分布の95%範囲に含まれる対数正規分布 [0.03, 0.10]	[6]	回避された住宅火事率	11 /million TV/年	[11]
火災負傷者治療の平均コスト	中央値: ¥27 million, 95%tile: ¥36 millionの正規分布	[7][8][9]を基に推定	住宅1棟あたりの平均値段	中央値: ¥35 million, 5%tile: ¥10 millionの対数正規分布	[12]
ヒト健康損失コスト	Table 2を参照	-	回避されたTV火災率	107 /million TV/年	[11]
確率的生命価値 (VSL)	5%tile, 50%tile, 95%tileがそれぞれ¥210, 350, 510 millionのワイブル分布	[10]にワイブル分布を適用	火事1件あたりの平均コスト	中央値: ¥0.975 million; 感度を見るために, 10%の範囲をもつ二様分布	[11]

ヒト健康影響の考慮

米国ワシントン州 (外挿) → 日本

生涯発がんリスク = 4.5×10^{-4}

「ワシントン州のDecaBDEによる影響 [13]」をTV台数で基準化し, 日本のTV保有台数とかけ合わせる

$Effect_{JP} = Effect_{WA} \times \frac{Deca_{TV, JP}}{Deca_{E\&E, WA}} \times \frac{Deca_{E\&E, JP}}{Deca_{ALL, WA}} \times \frac{TV_{JP}}{TV_{WA}}$

健康影響	人数	定量指標	年価値換算	コスト換算値 (2005年値)
がんによる疾患	5	US\$ ₂₀₀₄ 26,976	1.034	US\$139,466
がんによる死亡	4	¥205 350,000,000	1.000	¥1,400,000,000
甲状腺機能低下に伴う治療	2,400	US\$ ₂₀₀₄ 7,940	1.034	US\$19,703,904
無症候性甲状腺機能低下症	30	US\$ ₂₀₀₄ 7,940	1.034	US\$246,299
IQへの影響	210	US\$ ₂₀₀₀ 14,500	1.134	US\$3,453,030
電子機器代替の遅延 [-]			0.87	
疾患の遅延 [-]			0.91	

US\$₂₀₀₅ → ¥2005: 130 ¥2005 / US\$2005 (一人当たり購買力平価ベース GDP比)

$Deca_{TV} / Deca_{E\&E}$: 0.80 [14] (±10%の一様分布を仮定)

$Deca_{E\&E} / Deca_{ALL}$: 0.97~0.98の一様分布 [15]

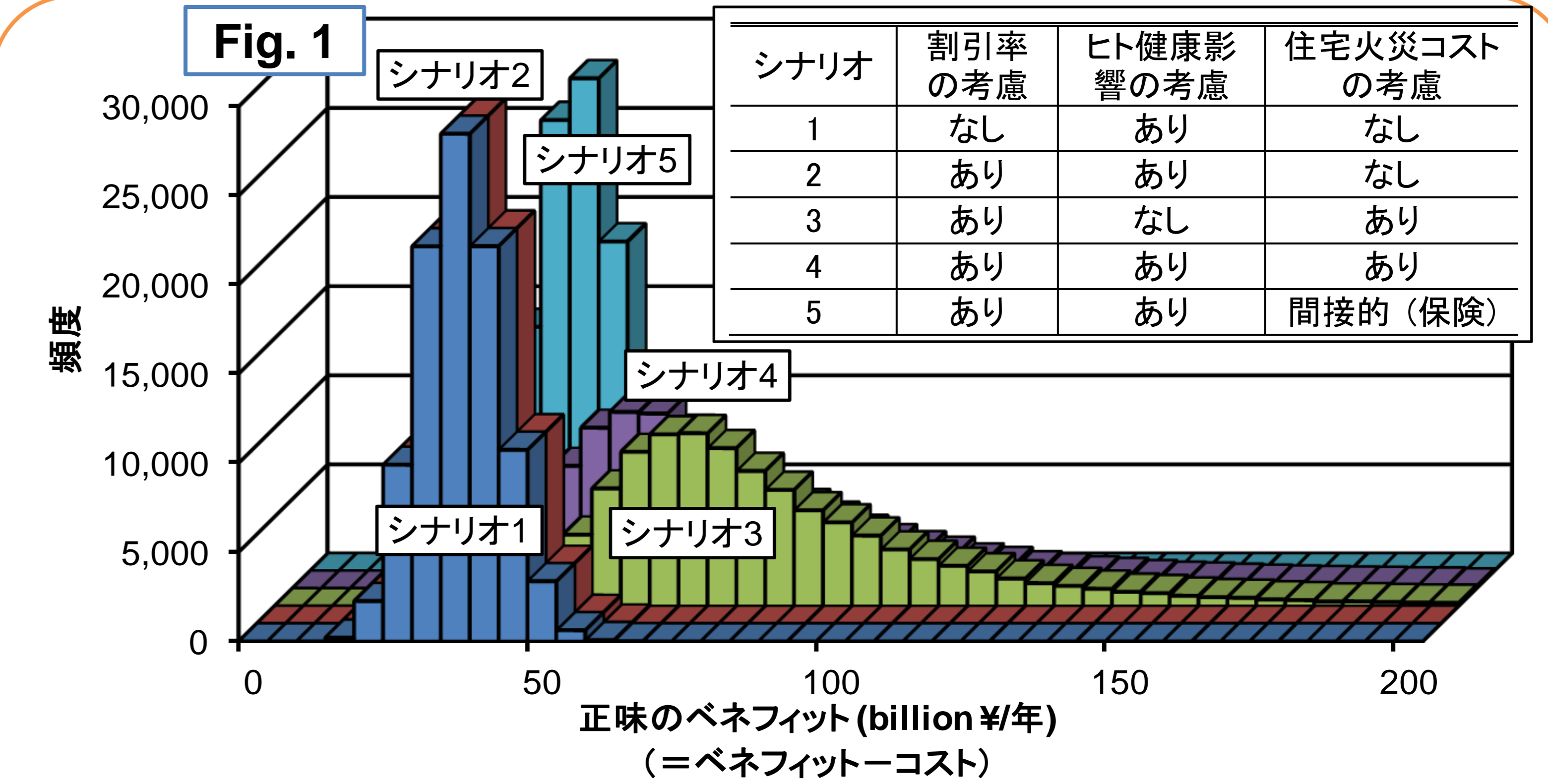
TV_{WA} (1990年): 中央値: 26.8 million TV [16] (±10%の一様分布を仮定)

TV_{JA} (1990年): 1.98 (台/世帯) × 4.067 × 10⁷ (世帯) = 8.05 × 10⁷ (台)

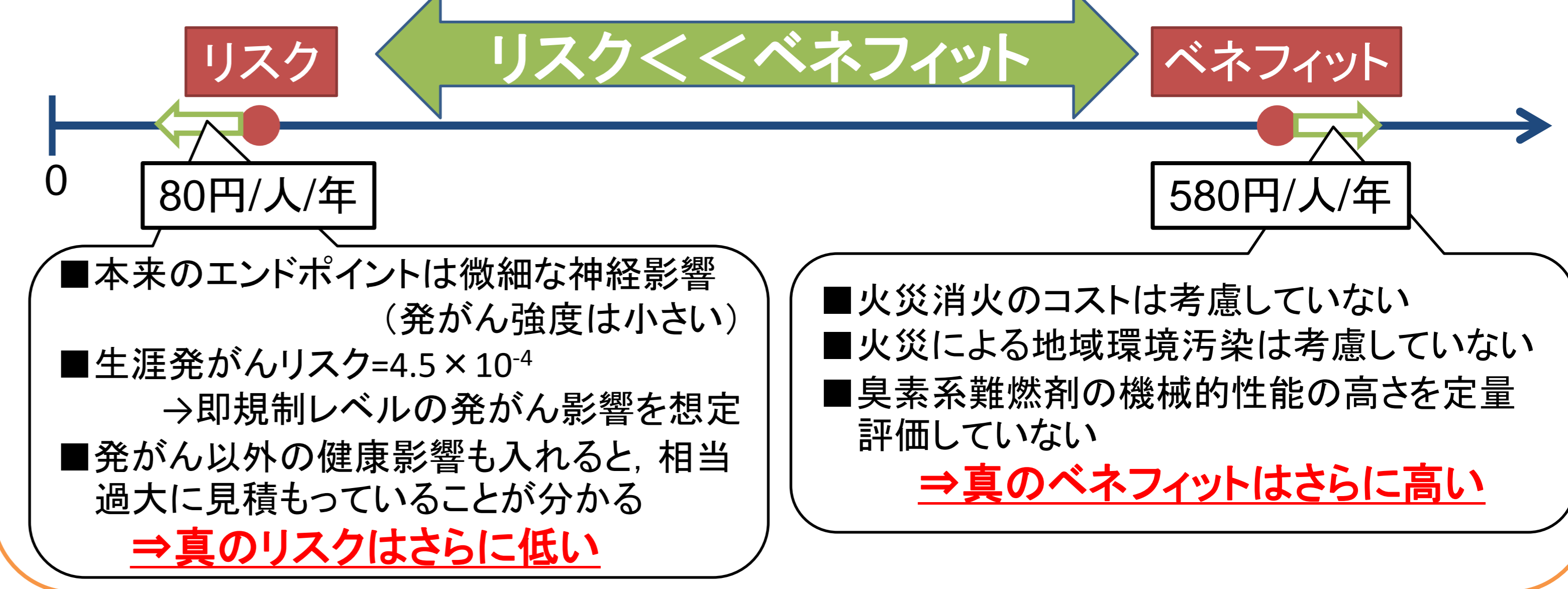
※近年, 曝露量は減少傾向にある (2006年には2003年の3/4になった)

結果

1 DecaBDE使用に伴うコストベネフィット解析



- すべてのシナリオで負の値を取らない = 難燃性を付与することにより得られるベネフィットの方が, コストよりも大きい
- 一人当たり年間約580円の火災抑制のベネフィットを得ている (図中シナリオ4の中央値を日本人口1.3億人から算出)
- ヒト健康影響はそのベネフィットを年間約80円/人下げる程度 (過大評価であっても)



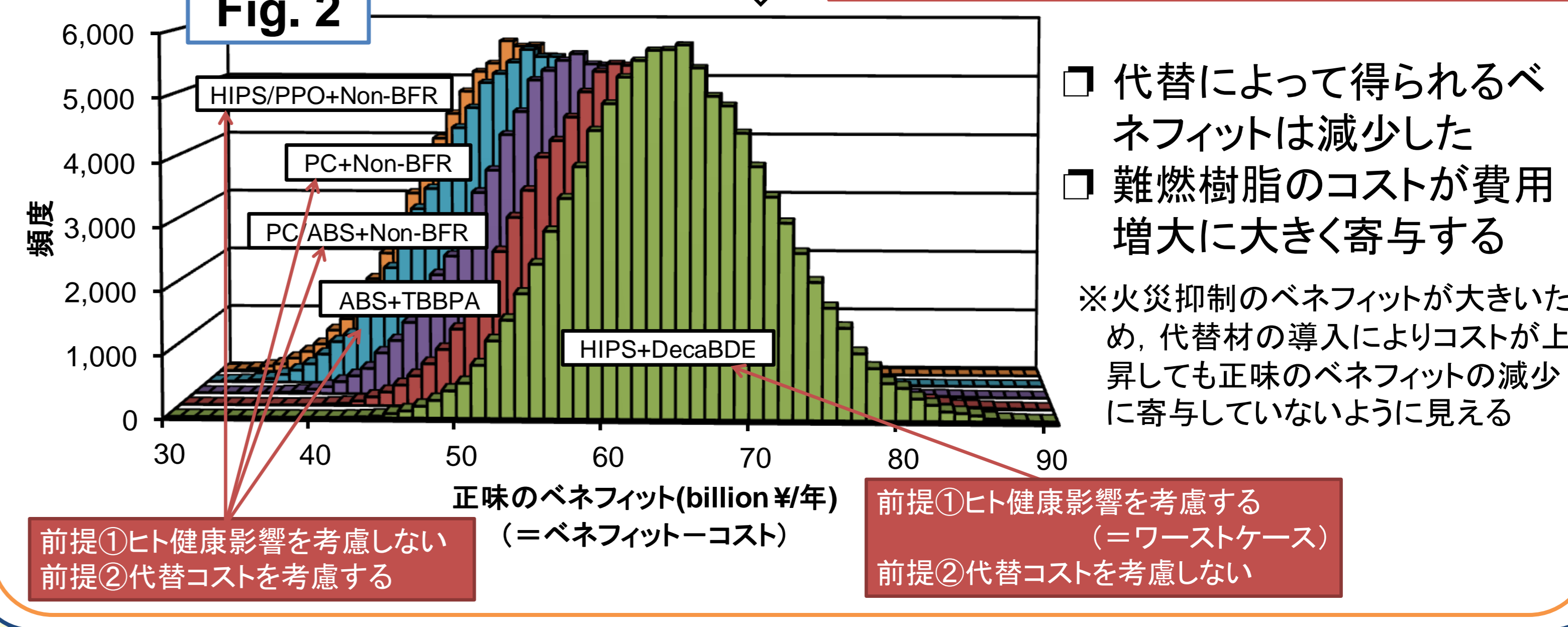
2 DecaBDE代替のコスト優位性評価

代替評価に必要なパラメータ	数値	難燃樹脂	最小値 (US\$/TV)	最大値 (US\$/TV)
ABSのモジュール数 (工程)	15~20	HIPS+DecaBDE	10.46	11.77
EUの中小難燃樹脂製造業者数	75	ABS+TBBPA	12.59	16.19
操業停止時間	0.05 year	PC/ABS+Non-BFR	16.19	19.78
1機あたり金型代替	US\$80~160,000 (中央値 120,000)	PC+Non-BFR	19.95	23.65
操業停止による損失	US\$73,000	HIPS/PPO+Non-BFR	22.45	23.76
操業停止による損失	US\$40,000	HIPS only	6.81	8.83

[17][18]を参考に作成

Fig. 1, シナリオ4の分布を使用 (住宅1棟の価格には分布の平均値を用いた)

HIPS+DecaBDEの組み合わせからの代替として, ①ABS+TBBPA, ②PC/ABS+Non-BFR, ③PC+Non-BFR, ④HIPS/PPO+Non-BFRを想定した



まとめ

健康リスクを考慮しても, 難燃剤DecaBDEのベネフィットは非常に大きい

なぜなら...
★TV筐体に難燃剤を付加し火災を予防することで 約750~650億円/年の社会的ベネフィットを得ていた(1990年代, 日本)

★難燃剤のリスクを過大にみても (△発がんリスク = 10^{-4} 以上), 難燃剤にはそれ以上に火災防止のベネフィットがある

★火災抑制のベネフィットは580円/人/年程度

★ヒト健康影響は80円/人/年程度

★DecaBDEの代替材を導入してヒト健康リスクを低減できても, 製品のコストアップというカウンターリスクが生じる

課題: 消火コスト, 火事・消火による周辺環境汚染の影響の考慮, ヒト健康影響モデルの精度上昇

参考文献 [1] DTI (2001) Causes of fires involving television sets in dwellings. [2] De Poortere M. et al. (2000) Fire and Materials, 24, 53-60. [3] 総務省消防庁, 製品火災 (製品に起因するおそれのある火災) の調査結果. [4] 中西ら (2008) 詳細リスク評価書シリーズ23 デカブロモジフェニルエーテル, 丸善. [5] 富士経済 (2005) 樹脂添加剤・コンパウンドのアジア市場の現状と将来展望. [6] 総務省 (2007) 規制の政策評価に関する研究会 最終報告. [7] Still, J. et al. (2000) Journal of Burn Care & Rehabilitation, Sep/Oct, 403-405. [8] DEFRA (2002) Contact ref: 16/13/33. [9] Saffie, J.R. (1995) Journal of Burn Care & Rehabilitation, 16(3 Pt 1), 219-232. [10] Tsubota, T. et al. (2005) Journal of Risk and Uncertainty, 31(1), 73-95. [11] Simonson, M. et al. (2006) SP report 2006: 28. [12] 住宅・不動産情報ポータルサイト「HOME'S」調査報告 (2009) <http://www.next-group.jp/press/pdf/20090528.pdf>. [13] Washington State (2006) Polybrominated diphenyl ether (PBDE) chemical action plan: final plan. [14] Chairman, APC E&E work group (2002) Presentation at EFC/EPA region IX BFR roundtable. [15] VCCPEP (2003) Report of the peer consultation meeting on Decabromodiphenyl ether. [16] U.S. Census Bureau (2008) Statistical abstract of the U.S.. [17] RPA (2002) Risk reduction strategy and analysis of advantages and drawbacks for Octabromodiphenyl ether, final draft. [18] 井上ら (in press) 日本リスク研究会誌, 第19巻第4号.