臭素系難燃剤がもたらすTV火災回避のベネフィットとリスク
―化学物質のベネフィットに光を当てる―

井上　知也[1](e-mail: d08hf007@ynu.ac.jp), 益永　茂樹[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

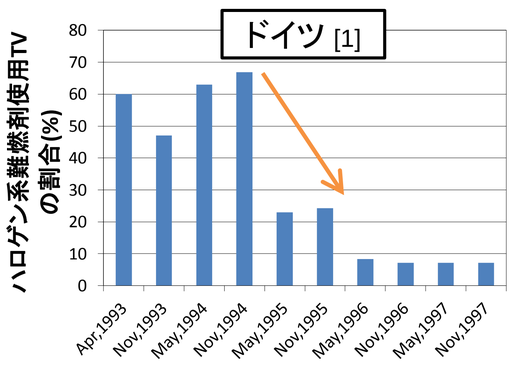
Key word:　臭素系難燃剤, 火災リスク, コストベネフィット分析, リスクトレードオフ

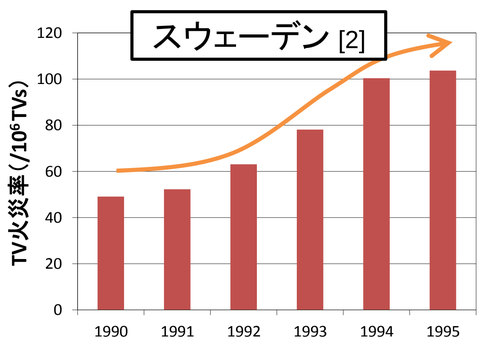
背　景

←ブラウン管TVの筐体にはDecaBDEが主要に用いられてきた*　*日本では繊維製品や車内樹脂に主に用いられてきた

EU

1990年代初頭





難燃TVの減少 → TV火災の増加

日本

そもそもTV火災に対し, なじみはない
33(件/年) 程度 (H16～H19年平均)[3]

TV火災の防止というベネフィットを享受している

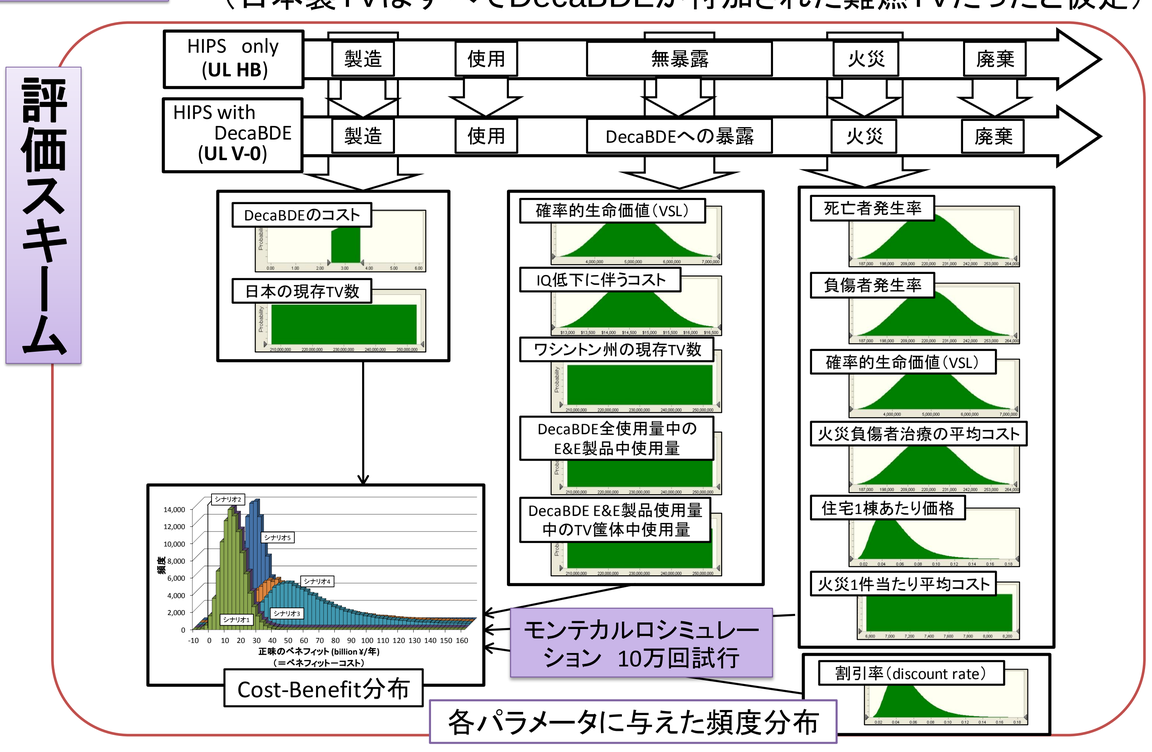
目　的

≪難燃剤(＝ベネフィットが大きな化学物質)の管理は, 環境リスクの議論だけで十分か？≫

① 難燃剤はTV火災をどの程度回避しているのか？
② 難燃剤使用のリスクとベネフィットを比較すると？

方　法

解析対象　1990年当初の日本
(日本製TVはすべてDecaBDEが付加された難燃TVだったと仮定)　→ リスクを過大に見積もる設定



■ 難燃TVの普及状態 → 定常状態を想定

$$\sum_{n=1}^{10}\frac{\overline{B}}{(1+r)^{n-1}}=\sum_{n=1}^{10}\frac{10B}{(1+r)^{n-1}} \Longleftrightarrow \boxed{\overline{B}=10B}$$

($\overline{B}$: 全TVのうち10%の難燃TVが新規加入することで得られるベネフィット (¥/年), B : 1年あたりに得られるベネフィット (¥/年), r : 割引率, n : 年)

■ TV火災 実データを用いた検討

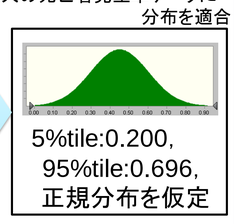
難燃剤不使用の場合の被害 ー難燃剤使用の場合の被害

表1　推定被害データ (unit: 人/年/million TV)

	Simonson [4]	Clark [5]	Muir [6]
死亡者発生率	0.696	0.415	0.200
負傷者発生率	8.70	5.18	2.50

より被害を少なく評価

3人の死亡者発生率データに分布を適合



5%tile:0.200, 95%tile:0.696, 正規分布を仮定

■ 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

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

ワシントン州のヒト健康影響モデルを外挿する

表2

	ヒト健康影響	人数	定量指標	年価値換算	コスト換算値 (2005 年値)
Washington モデル [7] による計算	がんによる疾患	5	US$$_{2004}$ 26,976	1.034	US$139,466
	がんによる死亡	4	US$$_{1990}$ 4,800,000	1.495	US$28,704,000
	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		

WA → JP へ外挿	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 [8] (±10%の一様分布を仮定)
	$Deca_{E\&E}/Deca_{ALL}$	0.97–0.98 の一様分布 [9]
	TV_{WA} (1990 年)	中央値: 26.8 million TV [10] (±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)

* 内閣府「消費動向調査」 ** 総務省「世帯数統計データ」 注) 網掛けは分布をもつデータ

まとめ

リスクを考慮しても, 難燃剤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540億円の社会的ベネフィットを得ていた(1990年代, 日本)

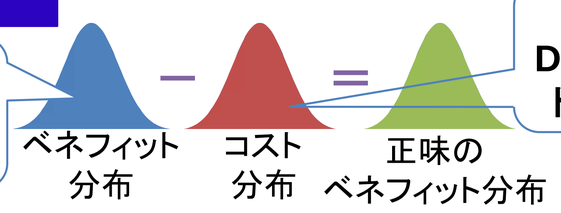
☆難燃剤のリスクを考慮したとしても, 難燃剤の健康リスクを超える火災防止のベネフィットがある

☆難燃剤のリスクはベネフィットの17%程度だった*(金銭価値換算時)
*DecaBDEを筐体に用いたTVは1%未満
＝実際のリスクは100分の1未満であることを示唆

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

結　果

難燃TVと非難燃TVの火災率の差から算出

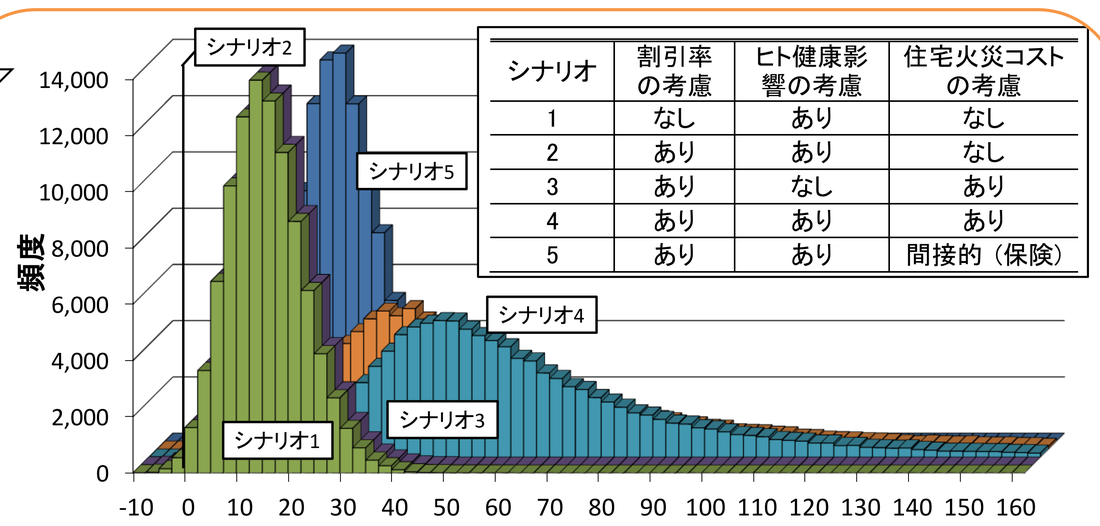


コスト＝リスク
DecaBDEのコストとヒト健康影響から算出

表3

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 の一様分布	[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	[12]にワイブル分布を適用
ヒト健康損失コスト	表 2 を参照	ー
火災負傷者治療の平均的コスト	中央値:¥27 million, 95%tile:¥36 million の正規分布	[13][14][15]を基に推定
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]	[16]
TV の寿命	10 年	一般的な値
回避犠牲者率 (人/年/million TV)	5%tile, 95%tile がそれぞれ 0.2, 0.7 の正規分布	表 1 を参照
回避負傷者率 (人/年/million TV)	5%tile, 95%tile がそれぞれ 2.5, 8.7 の正規分布	表 1 参照
回避された住宅火事率	11 /million TV/年	[17]
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	[18]
回避された TV 火災率	107 /million TV/年	[17]
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%の範囲をもつ一様分布	[17]

出力分布

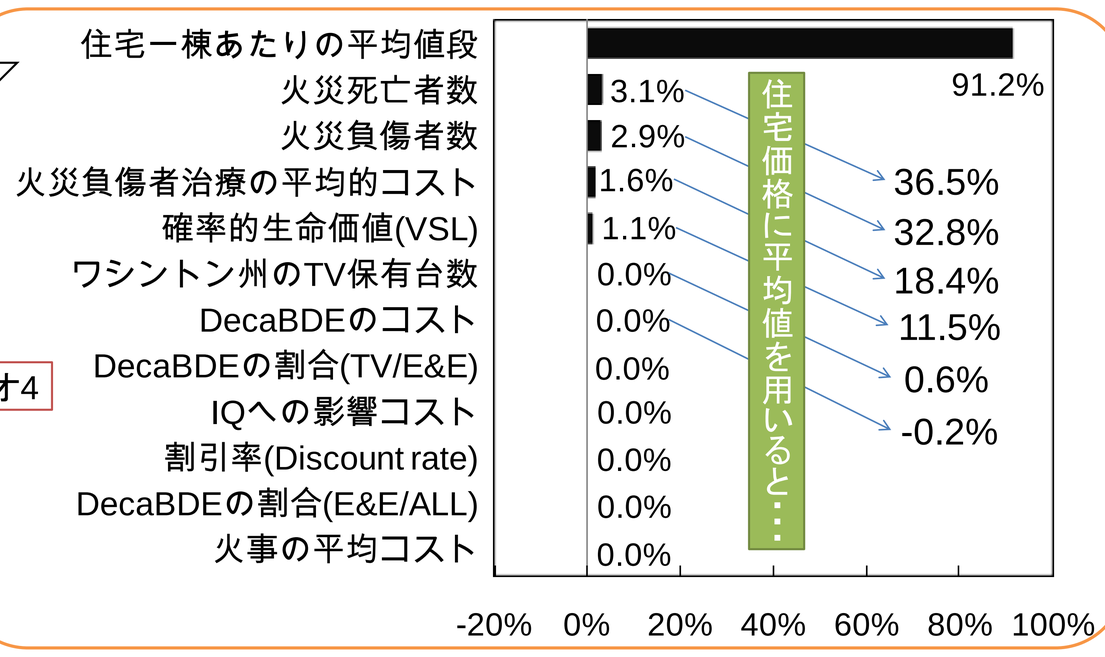


シナリオ	割引率の考慮	ヒト健康影響の考慮	住宅火災コストの考慮
1	なし	あり	なし
2	あり	あり	なし
3	あり	なし	あり
4	あり	あり	あり
5	あり	あり	間接的 (保険)

- ❒シナリオ1, 2, 5: 1%以下の確率でマイナス
- ❒シナリオ3, 4(現実的なシナリオ): 負の値を取らない
- ❒シナリオ3, 4の差(中央値)は約9.4億円
- ❒住宅火災を考慮すると, 正味のベネフィットは大きくなる

感度分析

シナリオ4



参考文献 [1] Stiftung Warentest, 4 (1993) p. 23; 11 (1993) p.29; 5 (1994) p.35; 11 (1994) p.39; 5 (1995) p.24; 11 (1995) p.30; 5 (1996) p.28; 11 (1996) p. 30; 5 (1997) p.47; 11 (1997) p.28. [2] De Poortere M.,Schonbach C.,Simonson, M. (2000) *Fire and Materials*; 24: p.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] Simonson, M. et al. (2000) SP report 2000: 13. [5] Muir, T. (2007) Organohalogen compounds, 69, 2611-2614. [6] Muir, T. (2007) BFR 2008, abstract No.70, 94. [7] Washington State (2006) Polybrominated diphenyl ether (PBDE) chemical action plan: Final plan. [8] Chairman, APC E&E Work Group (2002) Presentation at EFC/EPA Region IX BFR Roundtable September 24, 2002. [9] American Chemistry Council's Brominated Flame Retardant Industry Panel for VCCEP (2003) Report of the Peer Consultation Meeting On Decabromodiphenylether. April 2 and 3, 2003. [10] U.S. Census Bureau (2008) Statistical abstract of the U.S.. [11] 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. [12] Tsuge, T. et al. (2005) J Risk Uncertain, 31(1), 73-95. [13] Still, J. et al. (2000) J Burn Care & Rehabilitation, Sep/Oct, 403-405. [14] DEFRA (2002) Contact ref: 16/13/33. [15] Saffle, J.R. (1995) J Burn Care Rehabil, 16(3 Pt 1), 219-232. [16] 総務省 (2007) 規制の政策評価に関する研究会 最終報告. [17] Simonson, M. et al. (2006) SP report 2006: 28.