

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

Comparing the benefit and risk caused by the use of DecaBDE as TV frame retardant

○井上 知也¹・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

Tomoya INOUE¹, Shigeki MASUNAGA², Hideo OHTANI²

(^{1,2} Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University)

1. はじめに

90年代初頭の EU では、火災安全性よりも環境安全性を重視した樹脂製造業者が、TV 筐体に Decabromodiphenyl ether (DecaBDE) を使用しなくなったために TV 火災件数を増大させるという事例が報告されている¹⁾。しかし多くの日本人にとって、TV (テレビ) 火災に対するなじみはない。そもそも、一般人は住宅火災 (多くの火災がこれに属する) のリスクを、専門家よりも過小評価していることが知られている²⁾。確かに TV 火災に限れば、平成 16~19 年で平均して 33 件/年 程度³⁾であり、製品火災の中でも頻度が多い方ではない。

しかし裏を返せば、多くの TV 火災が未然回避されているために、我々は TV 火災を認知する必要がないとも言える。このように、現代社会は火災回避によって、潜在的に多くのベネフィットを享受している。

本解析では、臭素系難燃剤の中でも特に DecaBDE に着目した。「TV 筐体の難燃性の違いから生じる TV 火災件数の増加」は世界と日本で同じと仮定し、日本ではどれだけの TV 火災が潜在的に回避されているのか (ベネフィット) を推定し、DecaBDE が持つヒト健康リスクと定量比較を行った。

2. 評価方法

まず、1990 年当時の日本製 TV はすべて DecaBDE が付加された「難燃 TV」だったと仮定することで、ヒト健康影響を大きく見積もる。ベネフィットは難燃 TV と非難燃 TV (1990 年代 EU の TV) の火災率データの差から推定する (3 章)。コスト (=リスク) は DecaBDE のコストとヒト健康影響を考慮する (4 章)。

3. TV 火災数データの検討

Simonson は、EU の TV 保有台数あたりの火災被害を算出し、難燃剤の有無による TV 火災の被害の差を推定している⁴⁾。それに対し Muir は、Simonson とは異なる外挿方法を取り、より厳しい推定値を提案している⁵⁾。さらに Clarke (1997) は先の二人とは異なり、米国防火協会 NFPA (National Fire Protection Association) による詳細な「米国の」火災データに基づき、同様の推定値を提案している。なお、解析に際して、Clarke のデータを全米 TV 保有台数あたりに加工し直し、さらに死亡者・負傷者発生率比は

表 1 推定被害データ (unit:人/年/million TV)

	Simonson	Clarke	Muir
死亡者発生率	0.696	0.415	0.200
負傷者発生率	8.70	5.18	2.50

Simonson のそれと同じと仮定し、それらを表 1 にまとめる。

4. コストベネフィット解析 (CBA)

4.1 解析シナリオ

TV のライフサイクル (製造、使用 (曝露、火災)、廃棄) において、各ステージごとに評価を行った。

4.2 定常状態を想定した CBA

難燃化を施した TV の市場への広がりには、定常状態と非定常状態という、二つの普及シナリオを想定することができる。ここでは、1990 年前後の日本における難燃 TV の潜在的なベネフィットを推定するために、定常状態を仮定した ((1)式)。

$$\sum_{n=1}^{10} \frac{B}{(1+r)^{n-1}} = \sum_{n=1}^{10} \frac{10B}{(1+r)^{n-1}} \Leftrightarrow \bar{B} = 10B \dots (1)$$

(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), \bar{B} : 1 年あたりに得られるベネフィット (¥/年), r : 割引率, n : 年)

4.3 ヒト健康影響の考慮

EU や日本のリスク評価書^{7,8)} では DecaBDE のヒト健康リスクはないとしているものの、発生神経毒性や低臭素化問題が未だに大きな論点として残っているのも事実である。そこで本解析では、ベネフィットとリスクの差がどの程度のマージンを持っているかを把握するためにも、ワーストケースに近いヒト健康影響を考慮することにした (Washington モデル、表 2)。なお、Washington モデルはヒト健康影響を非常に過大に見積もっている。日本への外挿には (2) 式を用いた。

$$Effect_{JP} = Effect_{WA} \times \frac{Deca_{TV}}{Deca_{E\&E}} \times \frac{Deca_{E\&E}}{Deca_{ALL}} \times \frac{TV_{JP}}{TV_{WA}} \dots (2)$$

($Effect_{JP}$, $Effect_{WA}$: 日本、ワシントン州のヒト健康影響, $Deca_{ALL}$, $Deca_{E\&E}$, $Deca_{TV}$: 米国 (ワシントン州と同様と想定) における DecaBDE の全使用量, E&E 中使用量, TV 筐体中使用量, TV_{JP} , TV_{WA} : 日本、ワシントン州の TV 保有台数)

表 2 Washington 州 (WA) から日本 (JP) へのヒト健康影響の外挿方法

Washington 州 (WA) から日本 (JP) へ外挿	Washington 州 (WA) から日本 (JP) へ外挿			
	ヒト健康影響	人数	定量指標	年価値換算 (2005 年値)
	がんによる疾患	5	US\$ ₂₀₀₄ 26,976	1.034
	がんによる死亡	4	US\$ ₁₉₉₀ 4,800,000	1.495
	甲状腺機能低下に伴う治療	2,400	US\$ ₂₀₀₄ 7,940	1.034
	無症候性甲状腺機能低下症	30	US\$ ₂₀₀₄ 7,940	1.034
	IQ への影響	210	US\$ ₂₀₀₀ 14,500	1.134
	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 ⁹⁾ (±10% の一様分布を仮定)	
	$Deca_{E\&E} / Deca_{ALL}$		0.97-0.98 の一様分布 ¹⁰⁾	
	TV_{WA} (1990 年)		中央値: 26.8 (million TV) (±10% の一様分布を仮定)	
	TV_{JA} (1990 年)		1.98 (台/世帯) ^{**} × 4.067 × 10 ⁷ (世帯) ^{***} = 8.05 × 10 ⁷ (台)	

* 世帯当たり TV 保有率は米国各州同じと仮定し、2008 年 U.S. Census Bureau¹⁰⁾ から推定した

** 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

4.4 想定シナリオとパラメータ

本解析で想定した5つのシナリオと複数のパラメータをそれぞれ表3、表4に示した。一年あたりのコスト(C)、ベネフィット(B)の現在価値は、下記算出式を組み合わせ導出した。

<コストの算出式>

$$C = \text{DecaBDEの消費コスト} \times \text{TV保有台数} / 10$$

<ベネフィットの算出式>

(a) ヒト健康影響を考慮する場合

$$B_{(a)} = (\text{犠牲者} \times \text{VSL} + \text{負傷者} \times \text{火災負傷者治療コスト}) / 10 - \text{ヒト健康影響コスト}_{\text{from 表2計算結果}}$$

(b) (a)に住宅火災のコストを考慮する場合

$$B_{(b)} = B_{(a)} + (\text{回避された住宅火災率} \times \text{TV保有台数} \times \text{住宅の値段}) / 10$$

(c) (a)に小規模火災のコストを考慮する場合

$$B_{(c)} = B_{(a)} + (\text{回避されたTV火災率} \times \text{TV保有台数} \times \text{火事の平均コスト}) / 10$$

5. 解析結果と考察

10万回試行のモンテカルロシミュレーションの結果、シナリオ1,2,5は正味のベネフィット分布の1%tile

表3 想定したシナリオ

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)

表4 解析に用いたパラメータ

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の一樣分布	参考文献12)
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	参考文献13)にワイブル分布を適用
ヒト健康損失コスト	表2を参照	—
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	参考文献14)15)16)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]	参考文献17)
TVの寿命	10年	様々な文献より仮定
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
回避された住宅火災率	11/million TV/年	参考文献18)
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	参考文献19)
回避されたTV火災率	107/million TV/年	参考文献18)
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%の範囲をもつ一樣分布	参考文献18)

参考文献 ¹⁾ Stevens, G.C. et al. (1999) DTI report: URN 98/1026. ²⁾ 中谷内一也 (2007) 応用心理学研究, 33, 26-27. 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⁾ ECB (2002) European Union risk assessment report: Bis (pentabromophenyl ether). ⁸⁾ 中西準子ら (2008) 詳細リスク評価書 No.23. ⁹⁾ Chairman, APCE&E Work Group (2002) Presentation at EFCEPA Region IX BFR Roundtable ¹⁰⁾ American Chemistry Council's Brominated Flame Retardant Industry Panel for VCCEP (2003) Report of the Peer Consultation Meeting On Decabromodiphenylether. ¹¹⁾ U.S. Census Bureau (2008) Statistical abstract of the U.S.. ¹²⁾ 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. ¹³⁾ Tsuge, T. et al. (2005) J Risk Uncertain, 31(1), 73-95. ¹⁴⁾ Still, J. et al. (2000) J Bum Care & Rehabilitation, Sep/Oct, 403-405. ¹⁵⁾ DEFRA (2002) Contact ref: 16/13/33. ¹⁶⁾ Saffle, J.R. (1995) J Bum Care Rehabil, 16(3 Pt 1), 219-232. ¹⁷⁾ 総務省 (2007) 規制の政策評価に関する研究会 最終報告. ¹⁸⁾ Simonson, M. et al. (2006) SP report 2006: 28. ¹⁹⁾ 住宅・不動産情報ポータルサイト「HOME'S」調査報告 (2009).

よりも下の位置でマイナスの値を取る可能性はあるが、より現実的なシナリオ3,4では負の値をとらないことが分かった (図1)。よって、過大なヒト健康影響を考慮したとしても“難燃性を付与することにより得られるベネフィット (火災犠牲者, 負傷者, 財産損失回避)”の方が“コスト (DecaBDEのヒト健康影響)”よりも過大であることが示唆された。また、① DecaBDEによるヒト健康影響は、正味のベネフィットに6%程度しか影響しないこと (シナリオ3⇔4), ②住宅火災のコストが結果に大きな影響を及ぼしている (シナリオ3,4⇔他) ことが明示された。ちなみにシナリオ3,4の分布が右に大きく裾を引いているのは、現実の住宅価格に対数正規分布を適合させているためである。(住宅価格を除いて) 感度解析を行うと、正味のベネフィットへは主に4つのパラメータ (犠牲者数, 負傷者数, VSL, 治療コスト) の寄与が大きい。今後これらをより詳細に検討しなければならない。また、DecaBDEのデータ充足に応じて、Washingtonモデルをより検討することも必要だろう。

6. 結論

本解析により、実際に1990年代に日本でTV筐体に付加されていたDecaBDEは、リスクを大きくベネフィットを小さく見積もったとしても、一年あたり約510-540億円の社会的ベネフィットを我々に与えていたことが示唆された (シナリオ3,4の中央値)。日本のTV筐体は現在でも高い難燃性を保っているため、火災回避による同額のベネフィットを享受していると考えられる。

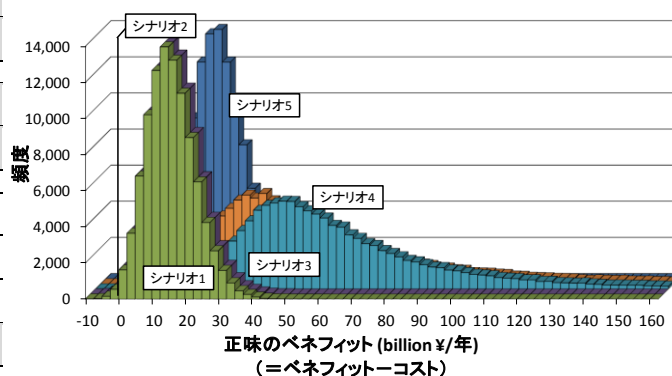


図1 1年あたり正味のベネフィット分布

Key words : 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