

「難燃学入門」フォーラム
2016年10月20日(木) 主婦会館プラザエフ

リスクトレードオフ

特定国立研究開発法人 産業技術総合研究所
安全科学研究部門 研究グループ長
恒見清孝

内容

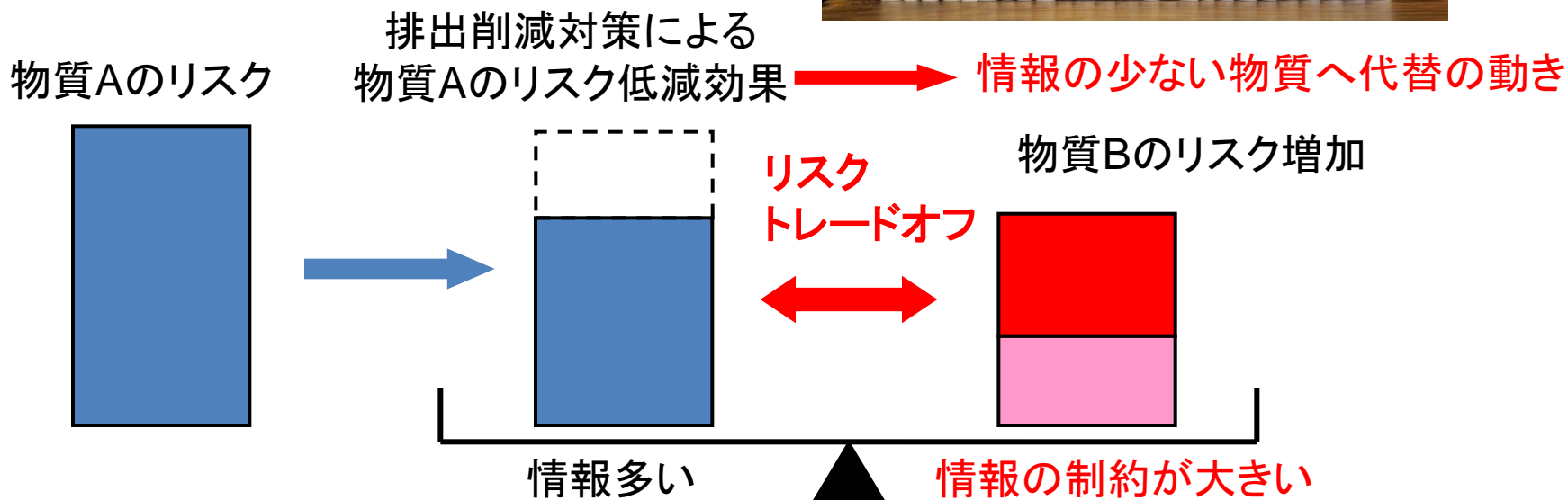
1. 難燃剤のリスクトレードオフ評価
2. 火災と化学物質のリスクトレードオフ解析事例と課題
3. 火災と化学物質のリスクトレードオフ研究の提案

1. 難燃剤のリスクトレードオフ評価

物質代替による新たなリスクの懸念への対応

NEDOプロジェクト「化学物質のリスク評価及びリスク評価手法の開発」(2001～2006年度)

詳細リスク評価書シリーズの刊行(丸善)



- ・暴露, 有害性情報が欠如し, リスク評価ができない
- ・エンドポイントが異なり, リスク比較ができない

⇒物質代替に伴うリスク変化(リスクトレードオフ)を解析し, リスク低減が実現されていることを確認する必要

化学物質の最適管理をめざすリスクトレードオフ解析手法の開発

NEDO・経済産業省プロジェクト(2007～2011年度)

PL: 吉田喜久雄(産総研)

- ・欠如している暴露, 有害性情報をモデル推論で補完する.
- ・元物質と代替物質のリスクを同一尺度(**QALY, 質調整生存年数**)で科学的・定量的に比較
- ・費用効果分析等の**社会経済分析**を実施

「用途群別**リスクトレードオフ評価書**」の作成

工業用洗浄剤, **プラスチック添加剤**, 溶媒・溶剤, 金属

研究対象: プラスチックに使用される難燃剤

電気電子製品(テレビ, パソコン等の家電, OA機器の筐体)に使用

decaBDE(デカブROMジフェニルエーテル) (HIPS樹脂)・・・ブラウン管TV

⇒TBBAエポキシオリゴマー (ABS樹脂)・・・ブラウン管TV、インクジェットプリンター

⇒EBPBP(エチレンビス(ペンタブROMジフェニルエーテル)) (HIPS樹脂)・・・同上

⇒**BDP縮合リン酸エステル** (PC/ABSアロイ樹脂)・・・液晶TV、ノートPC, レーザープリンター

代替シナリオによる物質ごとのリスクトレードオフ評価

- 物質によって異なる毒性指標を、**損失する余命の長さで統一**することでリスクトレードオフ評価を行った。
- 全国でも摂取量の大きい京浜地区住民の摂取量推定平均値から、**QALY 損失量**(日、一人当たり生涯での値)を計算した。

	代替あり (現状の代替状況)		代替なし (架空の状況)
	①decaBDE、②BDP、TPP		③decaBDE
	average case	95% worst case	
肝臓影響	<< 0.001 (2.8×10^{-57})	<< 0.001 (2.0×10^{-53})	<< 0.001 (9.5×10^{-57})
腎臓影響	<< 0.001 (1.4×10^{-140})	<< 0.001 (1.0×10^{-122})	<< 0.001 (8.8×10^{-137})
合計	<< 0.001 (2.8×10^{-57})	<< 0.001 (2.0×10^{-53})	<< 0.001 (9.5×10^{-57})

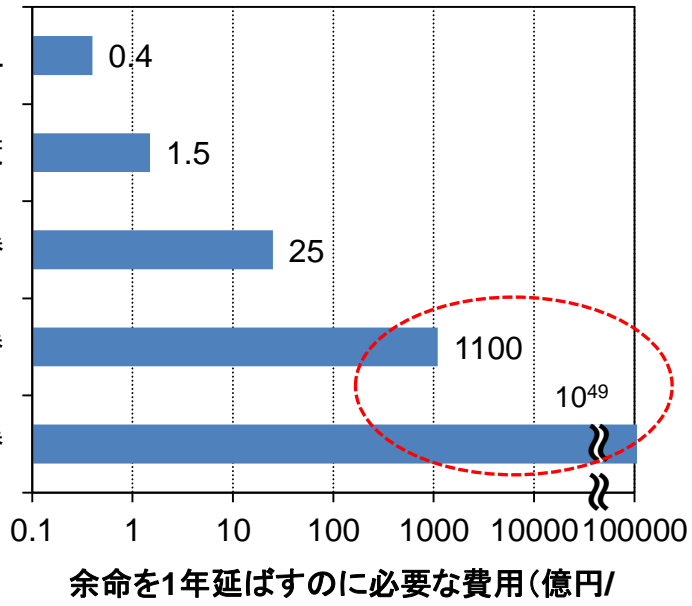
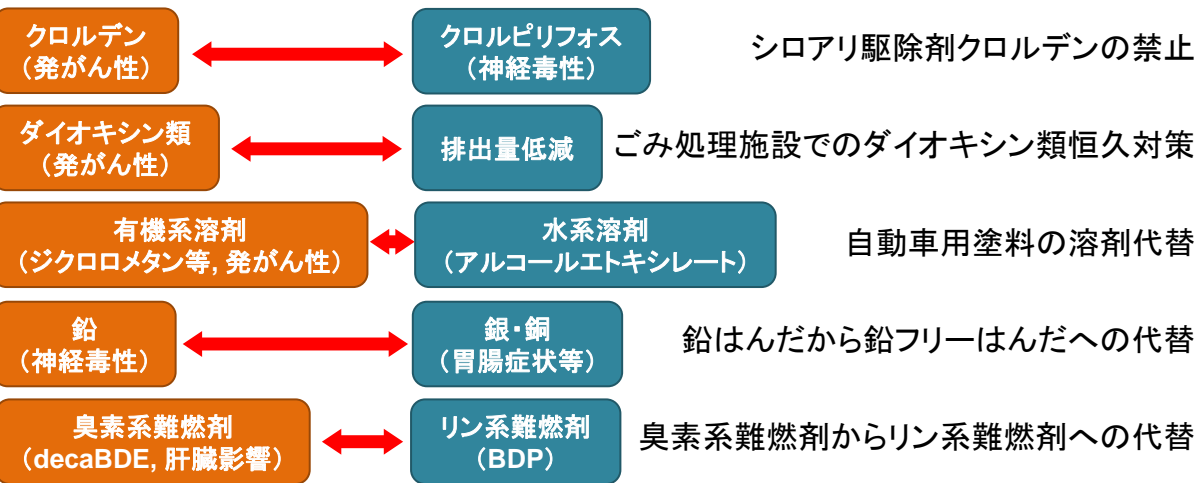
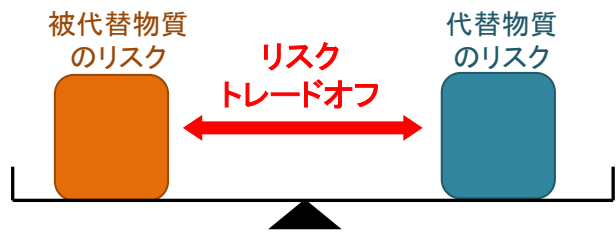
物質代替の有無によらず、リスクの大きさはきわめて小さい。

→ **リスクの増減自体は物質代替を根拠づけることはできない**

物質代替の費用効果分析

➤ 対策間や規制の比較によって有効なリスク対策の選択ができる

効果＝リスク低減効果：物質代替による日本国内でのQALY1年獲得費用
 費用＝物質代替に伴う物質購入費用の増加

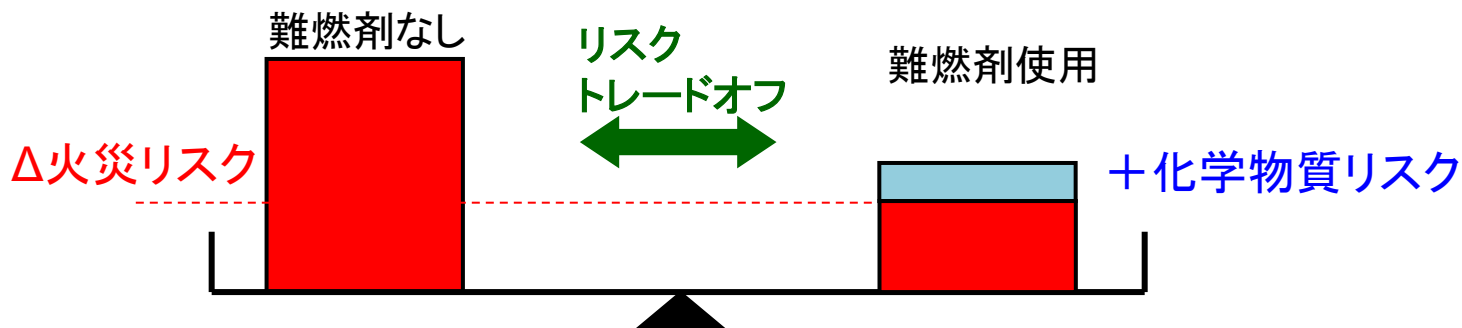


代替物質の開発は日本国内では有効でない

2. 火災と化学物質のリスクトレードオフ解析事例と課題

製品事故のリスクと化学物質リスクのトレードオフ

- 難燃剤に関わる規制有無による国内全体でのリスク変化分を解析している。
- 支払い意思額(WTP)等で費用に換算してリスク比較を行っている。



文献	比較対象	難燃剤使用による火災リスク低減	難燃剤使用による化学物質リスク増加
Simonsonら (2006)	欧州対象、臭素系難燃剤有無によるTV火災の被害差(欧州vs米国)	年間1,050~1,490百万ドル低減	年間110~393百万ドル増加
井上ら (2010)	欧州対象、臭素系難燃剤有無によるTV火災の被害差	年間540~630億円低減	年間30~120億円増加
Ni(2006)	日本対象、英国の家具用建材のリン系難燃剤規制前後差	年間14,000百万ドル低減	年間5,300百万ドル増加

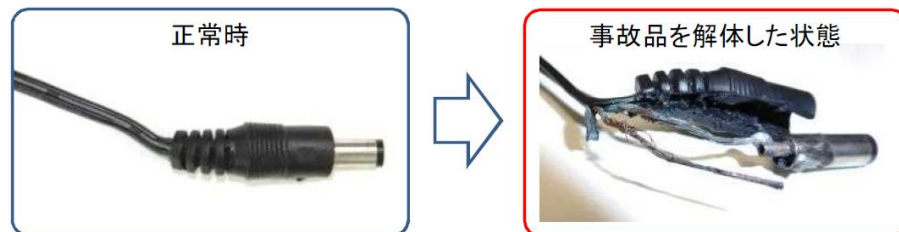
火災リスク低減 > 化学物質リスク増加

物質代替による製品事故増加の一例

製品事件事例(臭素系難燃剤⇒赤リン)

- ◆ 原因: 赤リンと湿気が化学反応して絶縁劣化、導電物質のリン酸形成による電流ショートなど
- ◆ 最終製品製造事業者は難燃剤代替を把握せず(一社の仕様変更が他社の仕様に波及)

ACアダプターの二次側にあるDCプラグ部分が発熱して変形する事故が発生した。



元々は臭素系難燃剤が使用されていた。 → 知らない間に赤リンに変わっていた。
赤リンが関係したトラブルが他にも発生している。

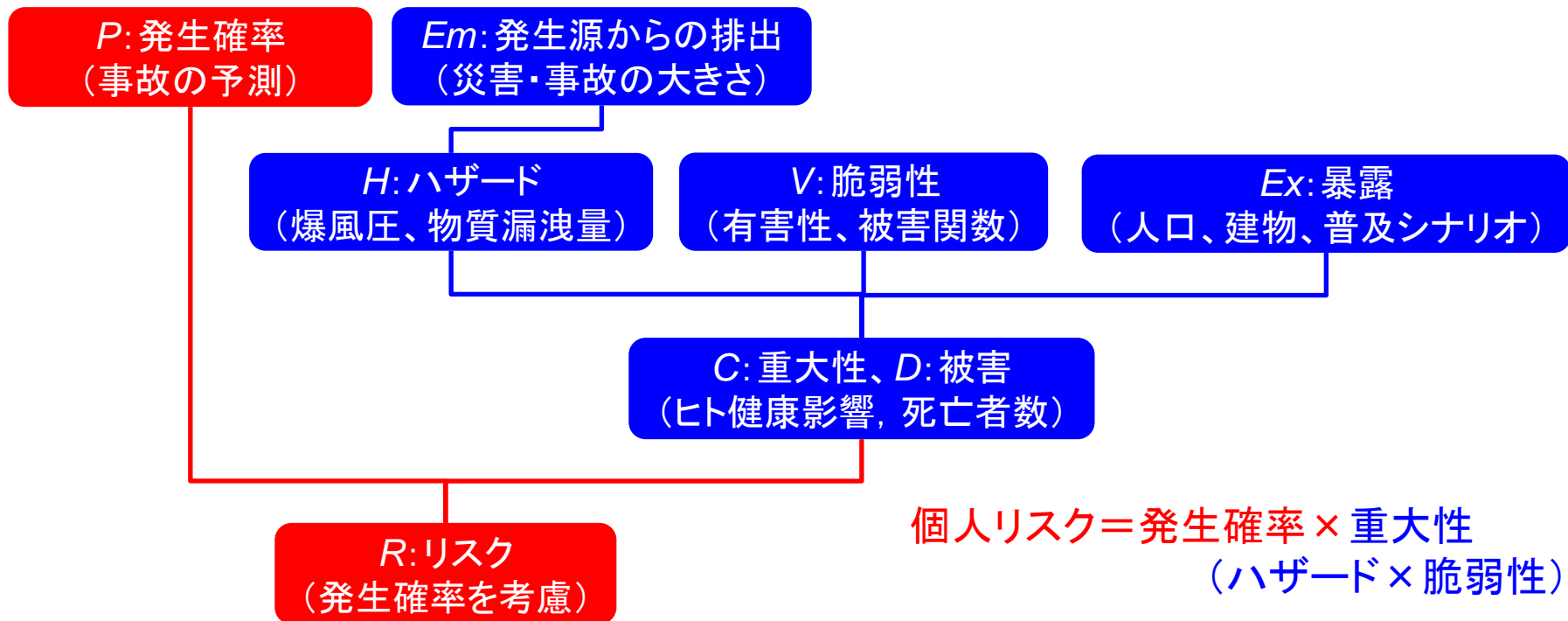
- ①製品事故による社告案件
 - ・ACアダプター : 2社 (高温・変形) ・AC電源コード : 3社 (高温・変形・発火)
- ②品質トラブルによる社告案件
 - ・電子部品 : 1社 (動作不良)

赤リンが関係した社告(リコール)が発生している。

(NITE、2015)

製品事故リスク評価の積み上げ型のアプローチ

- 既存研究は3例ともマクロ的なアプローチで、個別製品のリスク便益解析にはあまり向かない。
- 個別製品でリスク便益の議論をするためには、化学物質リスク評価や事故リスク評価のような積み上げ型のアプローチが必要。



火災と化学物質のリスクトレードオフ解析の技術上の課題

火災事故の発火源・発生確率・被害

- 製品(家電製品、車両)による火災事故データの信頼性
- 難燃基準、難燃剤使用の有／無によるデータ分類の信頼性
- 火災事故の被害種類の分類、被害関数の構築

化学物質の暴露・有害性

- 環境中での低臭素化物、臭素化ダイオキシン生成の未検討
- 高次捕食動物への蓄積、広域越境移動の汚染の未検討
- 神経発生毒性の有無の議論

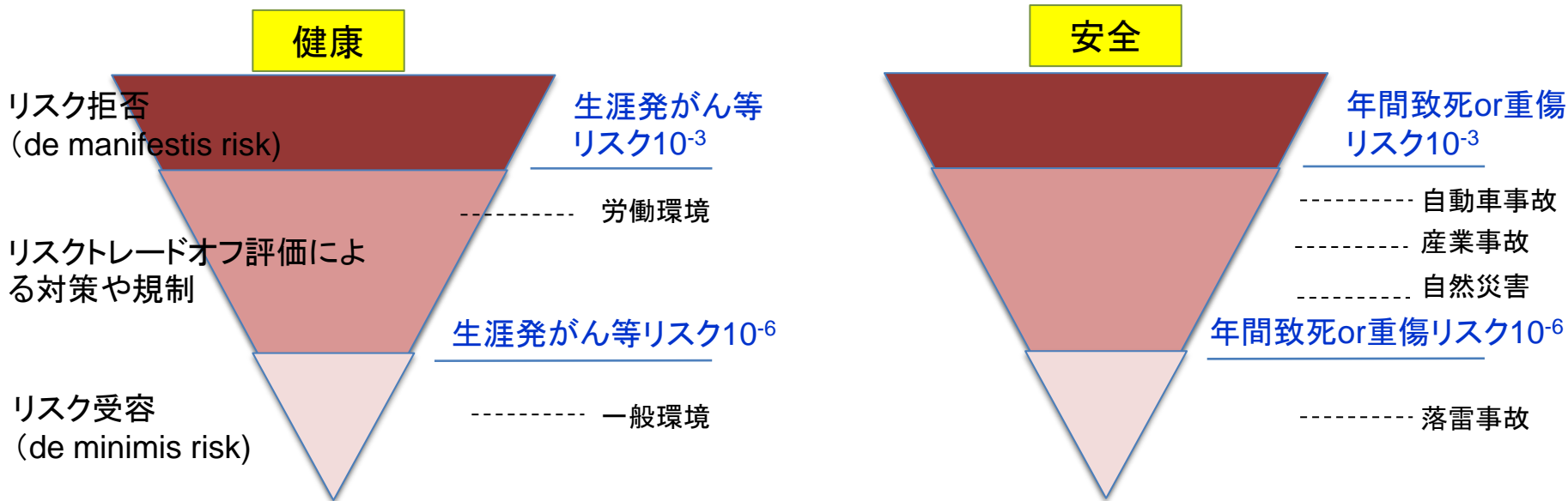
リスク評価・比較

- 発生確率、ハザード、有害性などの不確実性や分布の扱い
- ヒトへのリスク(火災、健康)と高次捕食動物へのリスクの比較方法

3. 火災と化学物質のリスクトレードオフ 研究の提案

リスク許容レベル

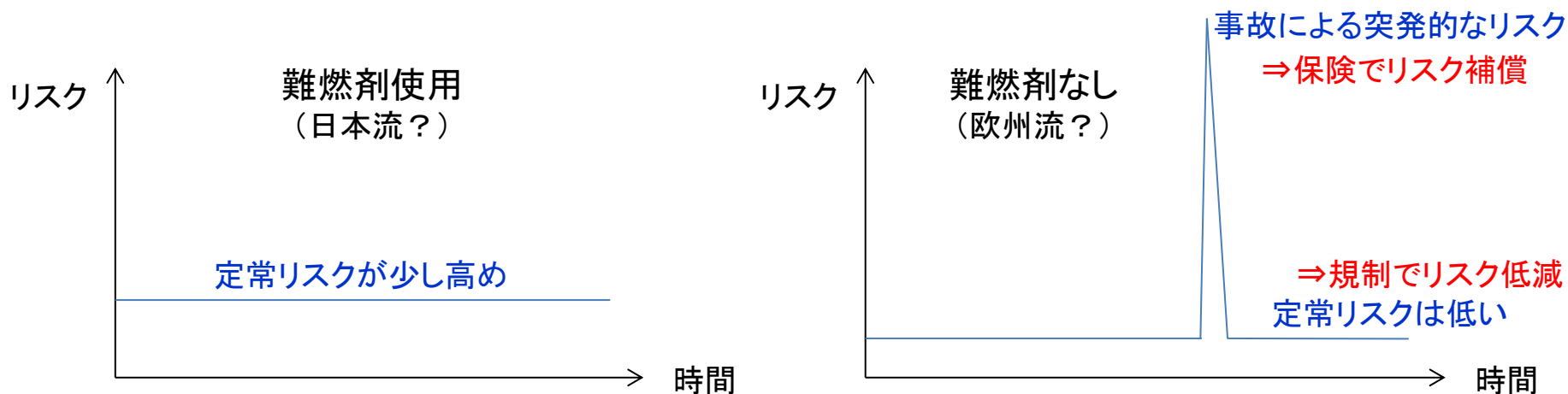
- 既存研究から、化学物質リスクよりも火災リスクが大きいことは明らかであり、積み上げで詳細にリスクトレードオフ評価を実施しても結果に変化が無い可能性。
- リスク管理における許容リスクレベルを考慮すると、化学物質リスクと火災リスクは、実は同程度の許容レベルかもしれない。
- 上記を検討するためにも、火災リスクの詳細評価が必要。



(Kolluru et al., 1996を改変)

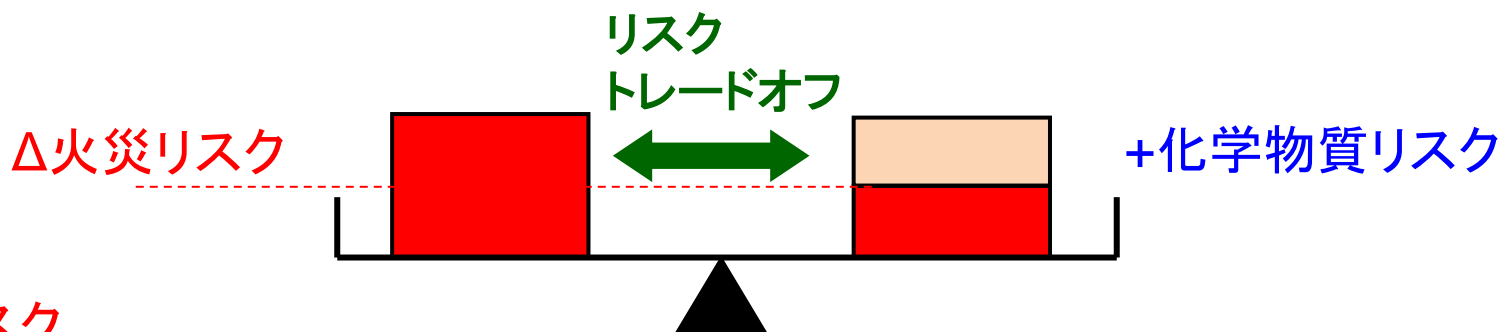
定常リスクと非定常リスクに対する社会的な認知

- 時間とリスクとの関係は様々である。
- 日本と欧州、米国等で、主観的リスクが異なるのか？
- 定常リスク(化学物質、長期間)と、非定常リスク(短期間、火災などの事故)などの客観的リスクに対する、社会受容性調査が必要かもしれない。



(NITE、2015を改変)

火災と化学物質のリスクトレードオフ研究の提案



火災リスク

- **発生確率**: 信頼性ある火災事故データ収集、発生確率推定方法
- **ハザード・脆弱性**: 火災や被害の程度把握と分類
- **重大性・リスク評価**: 不確実性解析を含む評価

化学物質リスク

- **暴露**: 環境経由の高次捕食動物への蓄積量の推定
- **有害性・化学物質リスク評価**: 低臭素化物・臭素化ダイオキシン生成も考慮した累積リスク評価

リスクトレードオフ

- **リスクトレードオフ解析**: リスク比較手法(特にヒトと生物)の開発
- **リスク管理**: 火災リスクと化学物質リスクの許容レベルの検討
- **社会受容性**: 非定常のリスク(火災)と定常リスク(化学物質)の社会受容性の調査

➡ **研究機関、業界・企業で共同研究の提案**

まとめ

- 物質代替による**リスクトレードオフ評価手法を開発**した。臭素系からリン系へ難燃剤代替により、化学物質のリスク低減が図られているものの、**費用がきわめて増大**している現状を明らかにした。
- 一方、難燃剤使用による**火災リスクの低減効果**は、化学物質リスク増加よりもかなり大きいことが、既存の研究結果から明らかにされている。
- しかし、臭素系難燃剤から赤リンへの代替等による**火災事故事例**などが相次いでおり、火災リスクと化学物質リスクのトレードオフ評価の**技術的課題を整理**した。
- また、火災リスクと化学物質リスクの**許容レベル**や**社会受容性**について検討する必要もあり、**火災と化学物質のリスクトレードオフ研究の提案**を行った。

ご清聴ありがとうございました。