

2023年度NITE講座
「事業者等における製品安全対策の基礎知識」
リスクアセスメント講座

No.06 事故事例と リスクアセスメントの実習

独立行政法人 製品評価技術基盤機構
製品安全センター 情報解析企画課
山田 龍王

講座概要

- (1) R-Map マッピング(発生頻度)
- (2) SM法①(スリーステップメソッド:択一)
- (3) SM法②(スリーステップメソッド:記述)
- (4) FT図・FTA(AND/ORゲート)

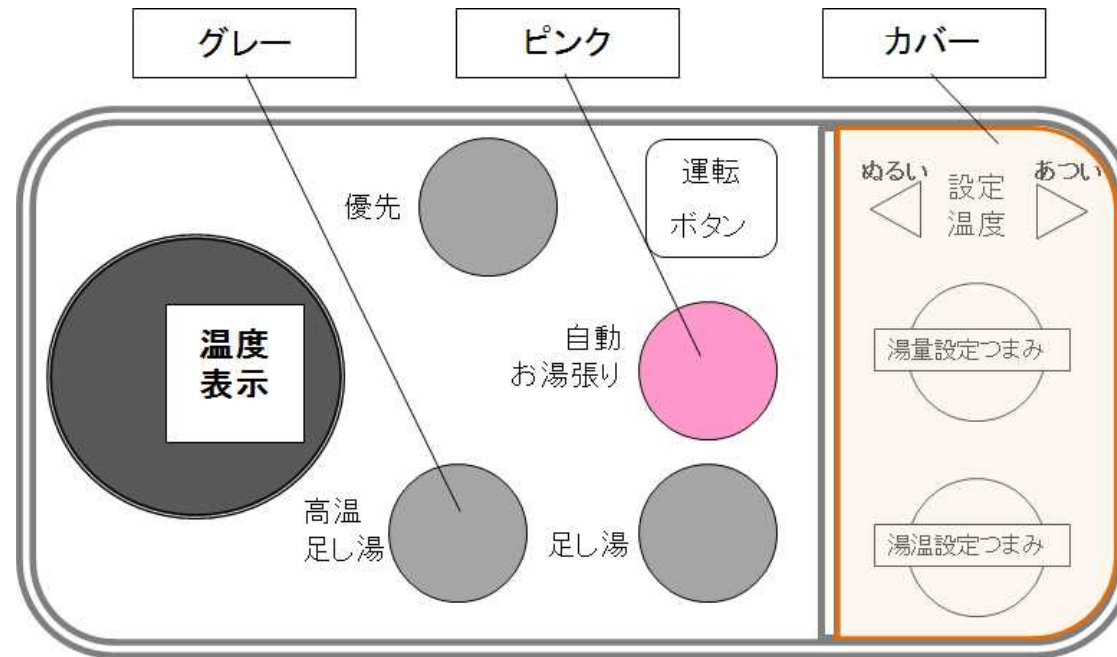
講座概要

- (1) R-Mapマッピング(発生頻度)
- (2) SM法①(スリーステップメソッド:択一)
- (3) SM法②(スリーステップメソッド:記述)
- (4) FT図・FTA(AND/ORゲート)

Case.1 ガス給湯器のリスクアセスメント

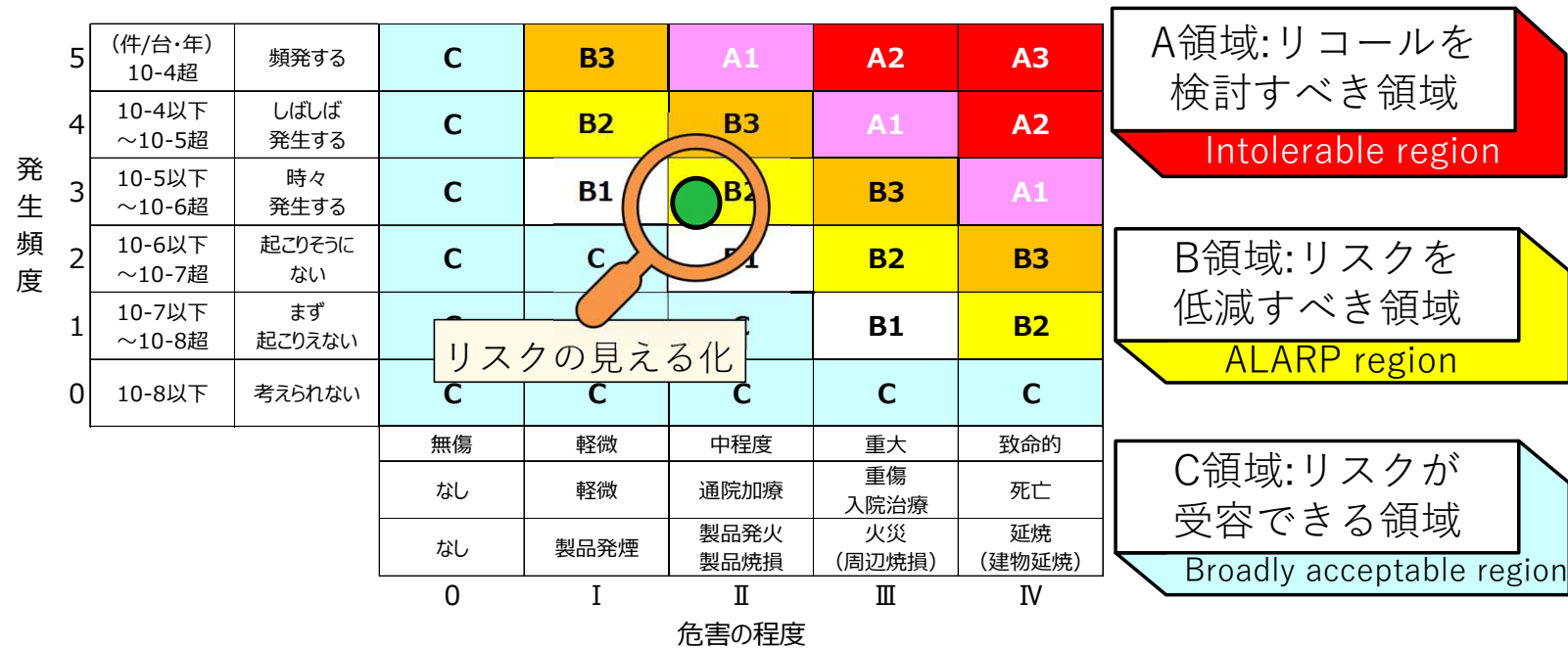
【危害シナリオ】30代女性が、ガス給湯器で浴槽にお湯を張ろうと自動お湯張りをしたつもりで誤って高温足し湯ボタンを押したため、80℃の湯が浴槽に張られた。気付かずに足を入れたところ熱さに驚いて浴槽に落ち、全身にやけどを負った(全治2ヵ月)

【流通状況】2年間で3,000台を販売し、販売終了から10年後に事故が発生。本件以外に同種事故は無し



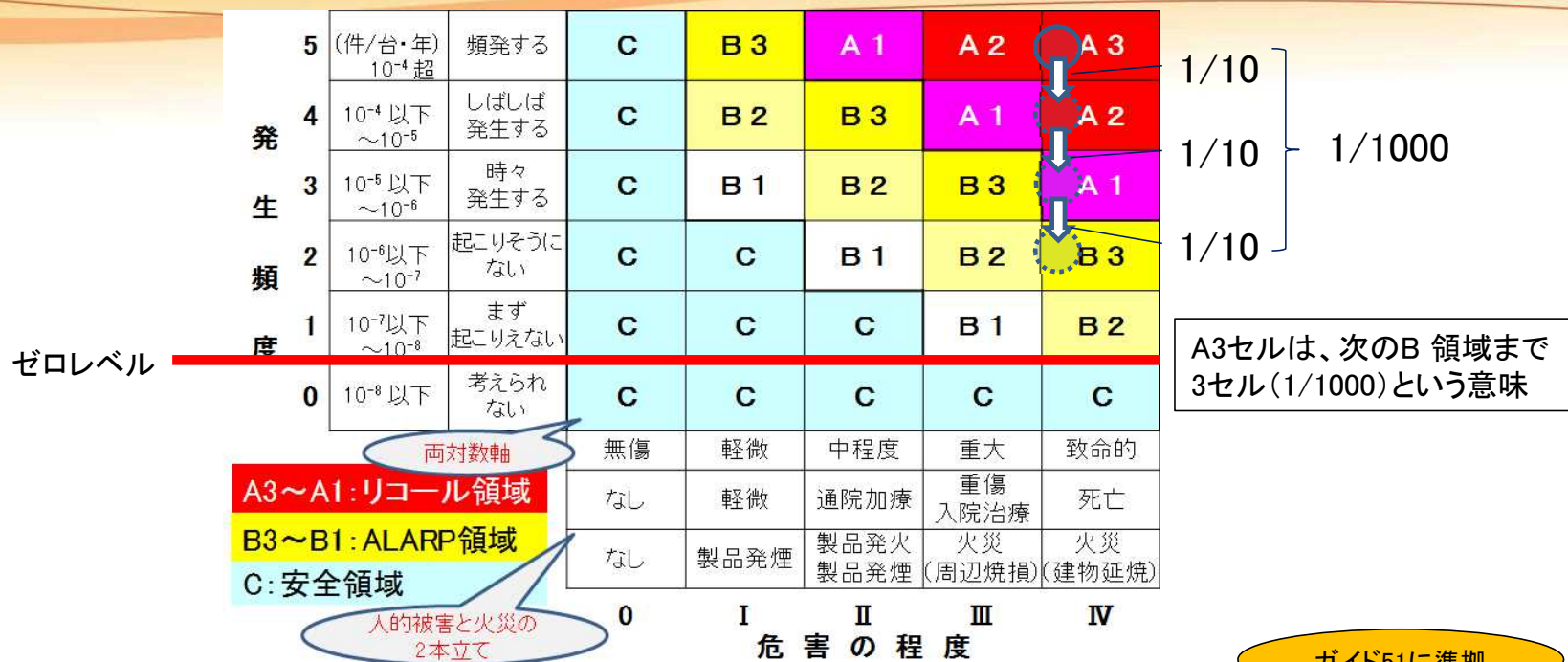
R-Mapはリスクアセスメント手法(復習)

リスクを[発生頻度]×[危害の程度]のマトリックスで表現するアセスメント手法



- ・許容可能なリスクレベルを数値化し発生頻度目標に対して複数の対策方法を併用することで安全領域に到達したことを確認する
- ・文部科学省所管の(財)日本科学技術連盟の異業種企業で構成された「R-Map実践研究会」が開発
- ・経済産業省/N I T E では、2008/4より製品事故のリスク評価を開始し、R-Map評価結果をリコール判断時の参考情報として活用

R-Mapはリスクアセスメント手法(復習)



- R-Map は、リスクを6×5のマトリックス上で表現するリスクアセスメント手法 ガイド51に準拠
- R-Mapは許容可能なリスクレベルを数値化し、発生頻度目標に対して複数の対策方法を併用することで、安全領域に到達したことを確認する手法。(安全確認型) 見える化
- 文部科学省所管の(一財)日本科学技術連盟のR-Map実践研究会が開発
- 経済産業省/NITEでは、2008/4より製品事故のリスク評価を開始し、R-Map評価結果をリコール判断時の参考情報として活用。2023/10/1現在、約4万件(重複除く)を分析

発生頻度の考え方

発生頻度の考え方: R-Mapにおいては、発生頻度を数値化する。つまり、発生頻度ゼロレベルから1つレベルが上がると、10倍発生確率が上がる。数値では 10^{-1} 減少することになる。

重大な危害の発生する頻度はゼロではないが、社会が受け入れ可能なリスクとして許容できる発生頻度0をR-Mapでは「ゼロレベル」と定義。発生頻度の単位は「件/台・年」で表し、その製品を購入したことによる消費者のリスクの増加分を年間1台当たりで示したもの。

NITEは消費生活用製品の「ゼロレベル」を、R-Map実践研究会の研究成果と経済産業省の平成19年度の調査委託結果を踏まえて、 10^{-8} (1E-8, 0.01ppm) を採用。また、製品群ごとに「ゼロレベル」を推定し、電動アシスト自転車や電動車いすは 10^{-7} (1E-7, 0.1ppm)、自転車は 10^{-6} (1E-6, 1ppm)を採用。

原則として、消費生活用製品(特に、家電製品)は、 10^{-8} を基準とする。つまり、年間100万台流通している製品は、100年に1件の死亡事故が発生しても安全とみなす。

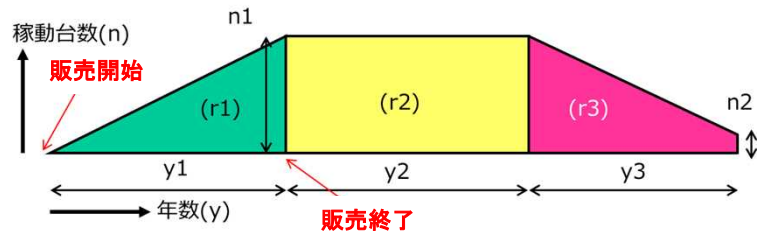
発生頻度の定義

レベル	定性的な表現		定量的な表現(件/台・年)		
5	頻発する	Frequent	10^{-2} 超	10^{-3} 超	10^{-4} 超
4	しばしば発生する	Probable	10^{-2} 以下 ~ 10^{-3} 超	10^{-3} 以下 ~ 10^{-4} 超	10^{-4} 以下 ~ 10^{-5} 超
3	時々発生する	Occasional	10^{-3} 以下 ~ 10^{-4} 超	10^{-4} 以下 ~ 10^{-5} 超	10^{-5} 以下 ~ 10^{-6} 超
2	起こりそうに無い	Remote	10^{-4} 以下 ~ 10^{-5} 超	10^{-5} 以下 ~ 10^{-6} 超	10^{-6} 以下 ~ 10^{-7} 超
1	まず起こり得ない	Improbable	10^{-5} 以下 ~ 10^{-6} 超	10^{-6} 以下 ~ 10^{-7} 超	10^{-7} 以下 ~ 10^{-8} 超
0	考えられない	Incredible	10^{-6} 以下	10^{-7} 以下	10^{-8} 以下

R-Mapの作成手順

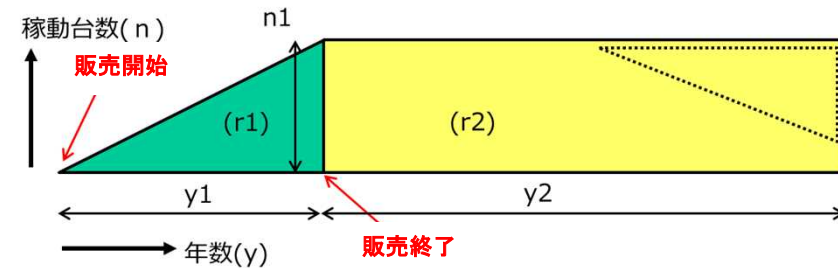
発生頻度の計算方法: 1台の製品を1年間稼働した時に事故が発生する確率を求める

発生頻度 (件/台・年) =
事故件数 (件) / 事故発生時総累積稼働台数 (台・年)



累積稼働台数(r1)	= $n1 \times y1 \times 1/2$
累積稼働台数(r2)	= $n1 \times y2$
累積稼働台数(r3)	= $((n1 + n2) \times y3) \times 1/2$
総累積稼働台数(rt)	= $r1 + r2 + r3$

残存台数が不明な場合の累積稼働台数



累積稼働台数(r1)	= $n1 \times y1 \times 1/2$
累積稼働台数(r2)	= $n1 \times y2$
総累積稼働台数(rt)	= $r1 + r2$

残存台数が不明の場合は、
生産された製品が全て廃棄されずに稼働していると仮定して求める

Case.1 ガス給湯器のリスクアセスメント

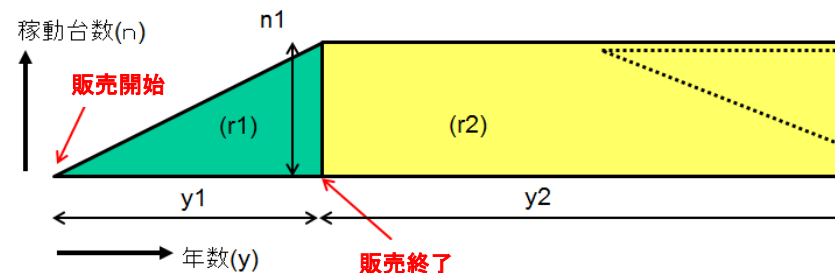
ステップ1 ガス給湯器の重傷事故リスクを、R-Mapでリスク分析する

①発生頻度を推定

★販売台数3,000台、2年間販売し、販売終了10年後に重傷事故1件が発生する確率を求める

【Q】★の販売状況のとき、ガス給湯器の事故発生頻度は？

まず、右図の y_1, y_2, n_1 に、
それぞれ何が入るかを考えてみましょう



$$\text{累積稼動台数}(r_1) = n_1 \times y_1 \times 1/2$$

$$\text{累積稼動台数}(r_2) = n_1 \times y_2$$

$$\text{総累積稼動台数}(r_t) = r_1 + r_2$$

Case.1 ガス給湯器のリスクアセスメント

ステップ1 ガス給湯器の重傷事故リスクを、R-Mapでリスク分析する

①発生頻度を推定

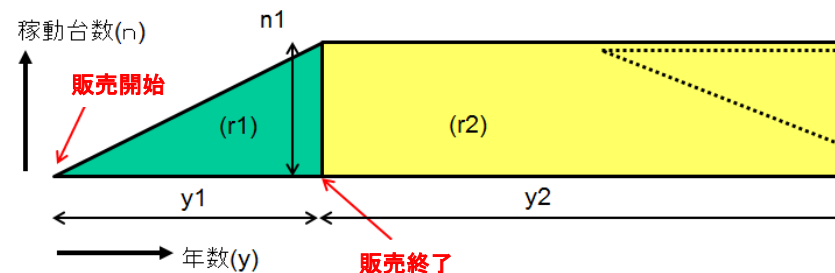
★販売台数3,000台、2年間販売し、販売終了10年後に重傷事故1件が発生する確率を求める

$$y_1 = 2\text{年}、y_2 = 10\text{年}、n_1 = 3,000\text{台}$$

・重傷事故1件/ $[(3,000\text{台} \times 2\text{年}/2) + (3,000\text{台} \times 10\text{年})]$

$$= 3.0\text{E}-05 (\text{件}/\text{台} \cdot \text{年})$$

$$1.0\text{E}-05 = 1.0 \times 10^{-5}$$



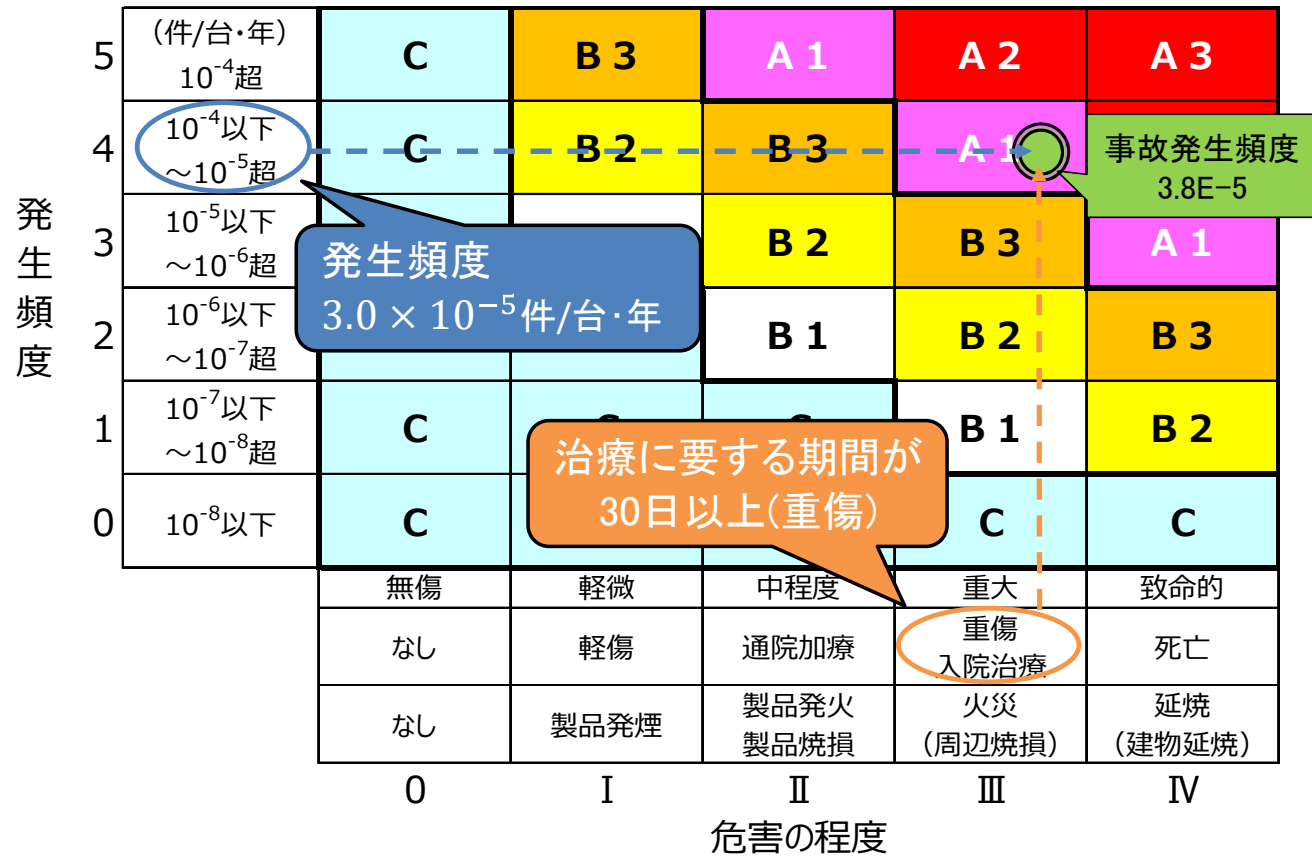
$$\text{累積稼動台数}(r_1) = n_1 \times y_1 \times 1/2$$

$$\text{累積稼動台数}(r_2) = n_1 \times y_2$$

$$\text{総累積稼動台数}(r_t) = r_1 + r_2$$

Case.1 ガス給湯器のリスクアセスメント

②リスクの見積もり(対策前のマッピング)



①危害の程度(Ⅲ) × ②発生頻度(4) ⇒ ③交点がリスク(A1)

(参考) Case.1 ガス給湯器のリスクアセスメント

残存台数を考慮したとき(☆)と考慮しないとき(★)の発生頻度の違い

☆販売台数3,000台、2年間販売し、販売終了10年後に重傷事故1件が発生する確率。販売終了5年後から廃棄が始まり、事故時点での残存率は10パーセント

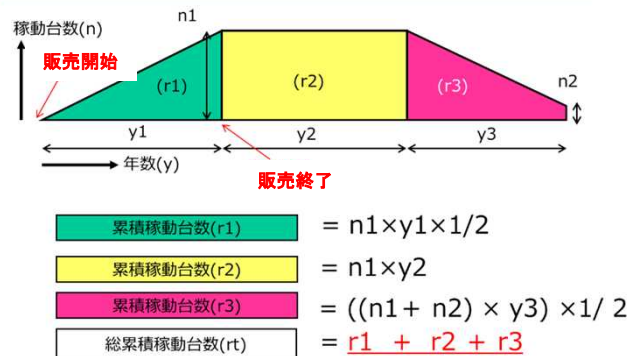
・重傷事故1件/ $[(3,000\text{台} \times 2\text{年}/2) + (3,000\text{台} \times 5\text{年}) + ((3,000\text{台} + 300\text{台}) \times 5\text{年}/2)]$
 $= 3.8\text{E}-5$ (件/台・年)

★販売台数3,000台、2年間販売し、販売終了10年後に重傷事故1件が発生する確率

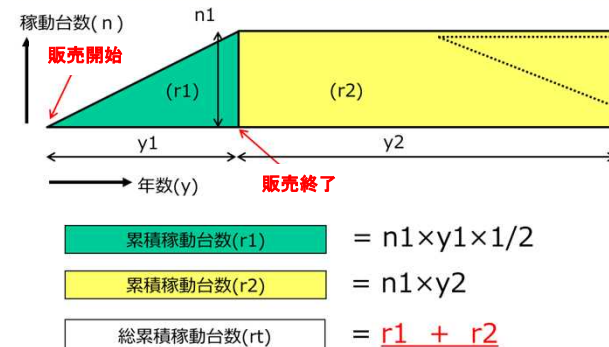
・重傷事故1件/ $[(3,000\text{台} \times 2\text{年}/2) + (3,000\text{台} \times 10\text{年})]$
 $= 3.0\text{E}-5$ (件/台・年)

廃棄が無かった場合とのセル上の違いは、
 $\log 3.8 \times 10^{-5} - \log 3.0 \times 10^{-5} = 0.10$ セル

発生頻度 (件/台・年) =
 事故件数 (件) / 事故発生時総累積稼働台数 (台・年)



残存台数が不明な場合の累積稼働台数



発生頻度は対数で評価するため、ほとんど影響しない

講座概要

- (1) R-Map マッピング(発生頻度)
- (2) SM法①(スリーステップメソッド:択一)
- (3) SM法②(スリーステップメソッド:記述)
- (4) FT図・FTA(AND/ORゲート)

Case.1 ガス給湯器のリスクアセスメント

③リスク低減策の検討

発生頻度	5 (件/台・年) 10 ⁻⁴ 超	C	B 3	A 1	A 2	A 3
	4 10 ⁻⁴ 以下 ~10 ⁻⁵ 超	C	B 2	推定リスクA1 (Ⅲ,4)	B 3	A 2
	3 10 ⁻⁵ 以下 ~10 ⁻⁶ 超	C	B 1	C	B 3	A 1
	2 10 ⁻⁶ 以下 ~10 ⁻⁷ 超	C	C	B 1	B 2	B 3
	1 10 ⁻⁷ 以下 ~10 ⁻⁸ 超	C	C	C	B 1	B 2
	0 10 ⁻⁸ 以下	C	C	C	C	C
		無傷	軽微	中程度	重大	致命的
		なし	軽傷	通院加療	重傷 入院治療	死亡
		なし	製品発煙	製品発火 製品焼損	火災 (周辺焼損)	延焼 (建物延焼)
		0	I	II	III	IV
		危害の程度				

リスク低減策候補

- ① ボタンを押した際に音声アナウンスを付ける
- ② お湯張りのシーケンスを変更して、足し湯を5Lで止める
- ③ 高温足し湯ボタンにカバーを付ける
- ④ 水位が一定以下の場合、高温足し湯ができないようにする



【Q】現状のリスクA1から、Cまでリスクを減らすためにいくつかの低減策を考えた。それぞれ見込まれる低減効果は？

リスク低減効果

先進企業の経験値頼りの面も

スリーステップメソッド
 I : 本質的安全
 II : 安全装置
 III : 情報提供

リスク低減レベル	具体的な方法	低減効果 (セル数)		
		最大	通常	最小
I リスクの除去 (本質的安全: 製品自身でリスク除去)	・運動、位置、熱、機械、電気、化学、電磁波、音、磁気などのエネルギーや、放射性物質、有害物質、微生物、シャープエッジなどが及ぼす影響が、人体に危害を加えるレベル以下にする	-4	-3	-2
I リスクの低減 (本質的安全: 製品自身でリスク低減)	a. 発生頻度の低減 ・故障やミスをして直ちに危険状態に至らない設計(フェイルセーフ、冗長性、多重化、安全確認型) ・誤操作の確率低減(フールプルーフ、タンパープルーフ、人間工学) ・隔離(立入禁止、保護カバー、操作部との分離、インターロック、分離固定) ・安全率、寿命末期を安全に終息、信頼性、難燃・断熱・絶縁・防水・防音材料 ・保守点検、受け入れ検査、評価試験、重要部品・重要工程管理 b. 危害・障害の程度の低減 ・使用/発生エネルギーの低減 ・作用するエネルギーの低減(保護接地、フィルター、距離)	-3	-2	-1
II 安全装置(安全装置・防御装置)	・危険状態を早期に検出して遮断する… 停止による拡大防止(過電流保護装置、各種検出保護装置などの安全装置) ・防護装置、保護眼鏡、防護服… 防護による拡大防止	-2	-1	-1
III 警報(アラーム)	・警報装置 … 装置による異常検出 ・異常状態の人による発見のしやすさと危険回避行動の容易性(速度の低減、非常停止装置)	-1	-1	0
III 取扱説明書・注意銘板	・使用者、管理・監督者、周囲の人などに対する注意、警告 ・教育・訓練	-1	0	0

R-Map上で1セル下がることは、1/10の低減効果を意味し、一見すると効果を小さく感じる。しかし、見方を変えれば、10件中9件の事故を防止するという意味であり、十分に効果的



Case.1 ガス給湯器のリスクアセスメント

【Q】それぞれの低減策で見込まれる低減効果は？

リスク低減策候補

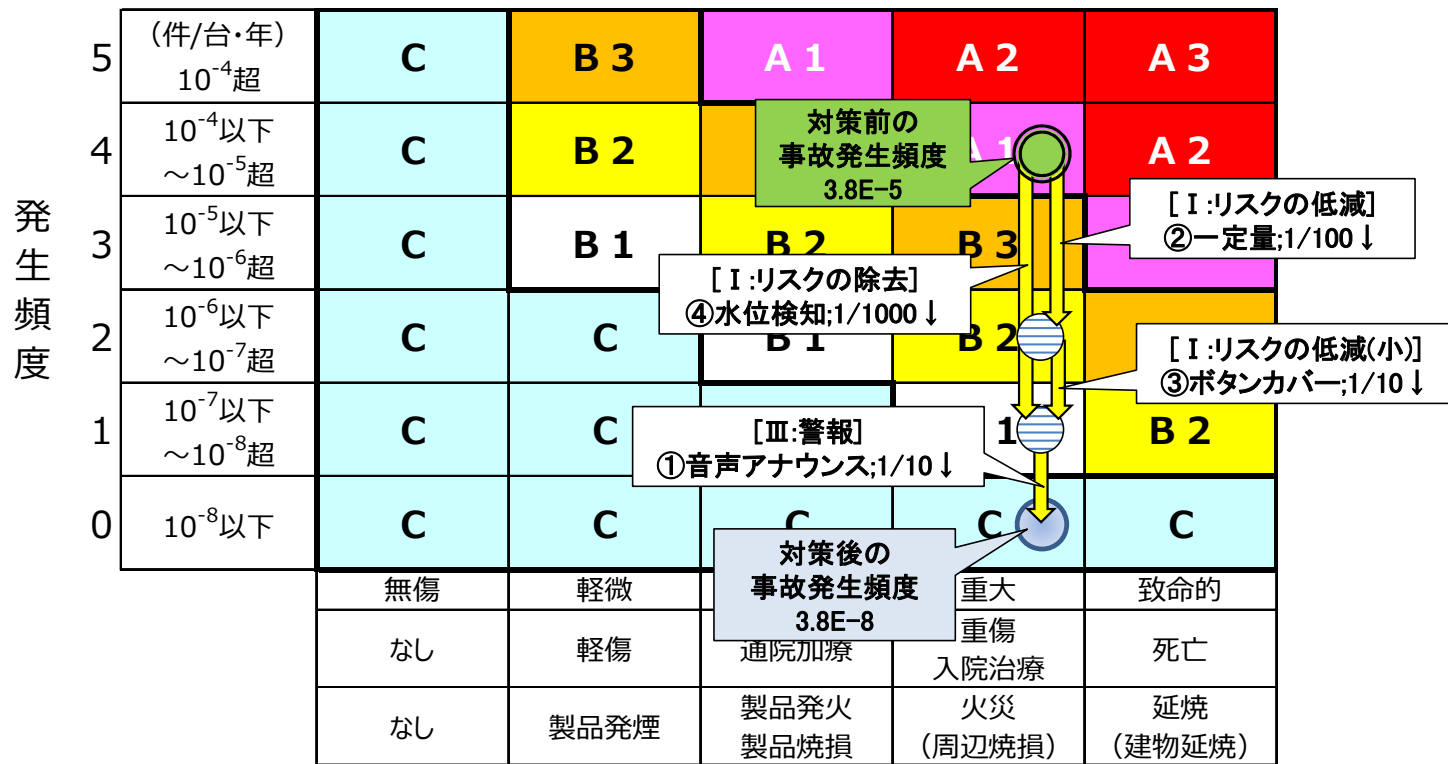
- ① ボタンを押した際に音声アナウンスを付ける
- ② お湯張りのシーケンスを変更して、足し湯を5Lで止める
- ③ 高温足し湯ボタンにカバーを付ける
- ④ 水位が一定以下の場合、高温足し湯ができないようにする

リスク低減レベル	具体的な方法	低減効果 (セル数)		
		最大	通常	最小
I リスクの除去 (本質的安全: 製品自身でリスク除去)	・運動、位置、熱、機械、電気、化学、電磁波、音、磁気などのエネルギーや、放射性物質、有害物質、微生物、シャープエッジなどが及ぼす影響が、人体に危害を加えるレベル以下にする	-4	-3	-2
I リスクの低減 (本質的安全: 製品自身でリスク低減)	a. 発生頻度の低減 ・故障やミスをして直ちに危険状態に至らない設計(フェイルセーフ、冗長性、多重化、安全確認型) ・誤操作の確率低減(フルプルーフ、タンパープルーフ、人間工学) ・隔離(立入禁止、保護カバー、操作部との分離、インターロック、分離固定) ・安全率、寿命末期を安全に終息、信頼性、難燃・断熱・絶縁・防水・防音材料 ・保守点検、受け入れ検査、評価試験、重要部品・重要工程管理 b. 危害・障害の程度の低減 ・使用/発生エネルギーの低減 ・作用するエネルギーの低減(保護接地、フィルター、距離)	-3	-2	-1
II 安全装置(安全装置・防御装置)	・危険状態を早期に検出して遮断する… 停止による拡大防止(過電流保護装置、各種検出保護装置などの安全装置) ・防護装置、保護眼鏡、防護服… 防護による拡大防止	-2	-1	-1
III 警報(アラーム)	・警報装置… 装置による異常検出 ・異常状態の人による発見のしやすさと危険回避行動の容易性(速度の低減、非常停止装置)	-1	-1	0
III 取扱説明書・注意銘板	・使用者、管理・監督者、周囲の人などに対する注意、警告 ・教育・訓練	-1	0	0

経済産業省、2011年、リスクアセスメントハンドブック実務編
http://www.meti.go.jp/product_safety/recall/risk_assessment_practice.pdf

Case.1 ガス給湯器のリスクアセスメント

④リスクの評価(対策後のマッピング)



1つの対策で安全領域にまでリスクを下げることは難しい。いくつかの低減策を組み合わせることが必要(セーフティモジュール)



講座概要

- (1) R-Map マッピング(発生頻度)
- (2) SM法①(スリーステップメソッド:択一)
- (3) **SM法②(スリーステップメソッド:記述)**
- (4) FT図・FTA(AND/ORゲート)

Case.2 除雪機(歩行型)のリスクアセスメント

歩行型除雪機使用時の巻き込まれ事故の再現実験



Case.2 除雪機(歩行型)のリスクアセスメント

【事故内容】当該製品は、デッドマンクラッチが搭載されている歩行型除雪機だが、高齢者がクラッチレバーにゴムバンドを巻いて固定し無効化していた

【R-Map分析】危害の程度Ⅳ(死亡)1件、発生頻度3、リスクA1

【ハザード】運動エネルギー(回転部品)、誤った使用方法

【事故原因】高齢者が当該製品を使用中にバランスを崩して転倒した拍子に、左腕を回転部(オーガ)に巻き込まれ、死亡した。



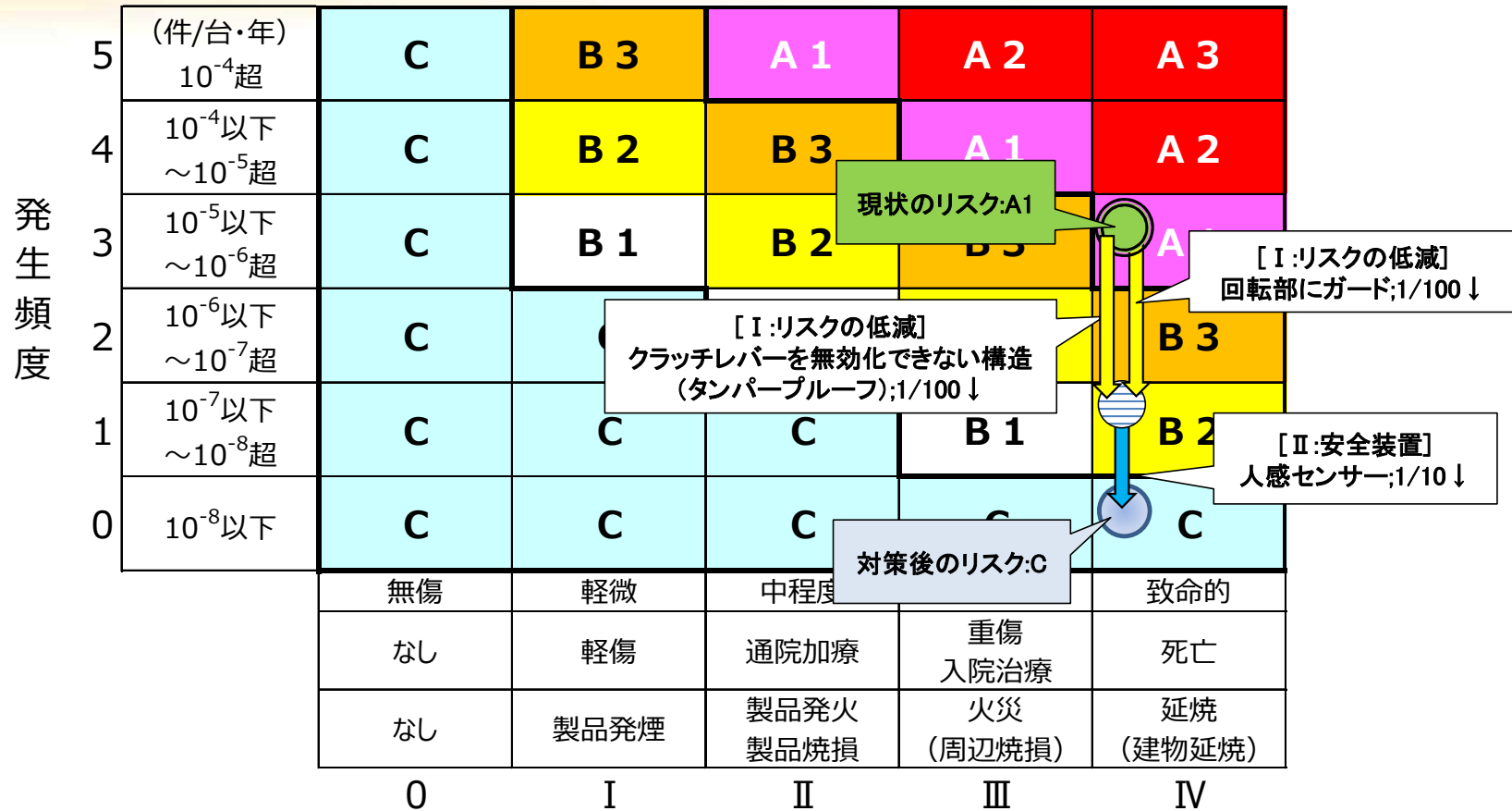
Case.2 除雪機(歩行型)のリスクアセスメント

発生頻度	5 (件/台・年) 10 ⁻⁴ 超	C	B 3	A 1	A 2	A 3
	4 10 ⁻⁴ 以下 ~10 ⁻⁵ 超	C	B 2	B 3	A 1	A 2
	3 10 ⁻⁵ 以下 ~10 ⁻⁶ 超	C	推定リスク:A1(IV,3)			A 1
	2 10 ⁻⁶ 以下 ~10 ⁻⁷ 超	C	C	B 1	B 2	B 3
	1 10 ⁻⁷ 以下 ~10 ⁻⁸ 超	C	C	C	B 1	B 2
	0 10 ⁻⁸ 以下	C	C	C	C	C
		無傷	軽微	中程度	重大	致命的
		なし	軽傷	通院加療	重傷 入院治療	死亡
		なし	製品発煙	製品発火 製品焼損	火災 (周辺焼損)	延焼 (建物延焼)
		0	I	II	III	IV
		危害の程度				

リスク低減レベル	具体的な方法	低減効果 (セル数)		
		最大	通常	最小
I リスクの除去 (本質的安全:製品自身でリスク除去)	・運動、位置、熱、機械、電気、化学、電磁波、音、磁気などのエネルギーや、放射性物質、有害物質、微生物、シャープエッジなどが及ぼす影響が、人体に危害を加えるレベル以下にする	-4	-3	-2
I リスクの低減 (本質的安全:製品自身でリスク低減)	a. 発生頻度の低減 ・故障やミスをしても直ちに危険状態に至らない設計(フェイルセーフ、冗長性、多重化、安全確認型) ・誤操作の確率低減(フルプルーフ、タンパープルーフ、人間工学) ・隔離(立入禁止、保護カバー、操作部との分離、インターロック、分離固定) ・安全率、寿命末期を安全に終息、信頼性、難燃・断熱・絶縁・防水・防音材料 ・保守点検、受け入れ検査、評価試験、重要部品・重要工程管理 b. 危害・障害の程度の低減 ・使用/発生エネルギーの低減 ・作用するエネルギーの低減(保護接地、フィルター、距離)	-3	-2	-1
II 安全装置(安全装置・防御装置)	・危険状態を早期に検出して遮断する… 停止による拡大防止(過電流保護装置、各種検出保護装置などの安全装置) ・防護装置、保護眼鏡、防護服… 防護による拡大防止	-2	-1	-1
III 警報(アラーム)	・警報装置… 装置による異常検出 ・異常状態の人による発見のしやすさと危険回避行動の容易性(速度の低減、非常停止装置)	-1	-1	0
III 取扱説明書・注意銘板	・使用者、管理・監督者、周囲の人などに対する注意、警告 ・教育・訓練	-1	0	0

【Q】現状のリスクA1から、Cまでリスクを減らすために考えられる低減策は？

Case.2 除雪機のリスクアセスメント

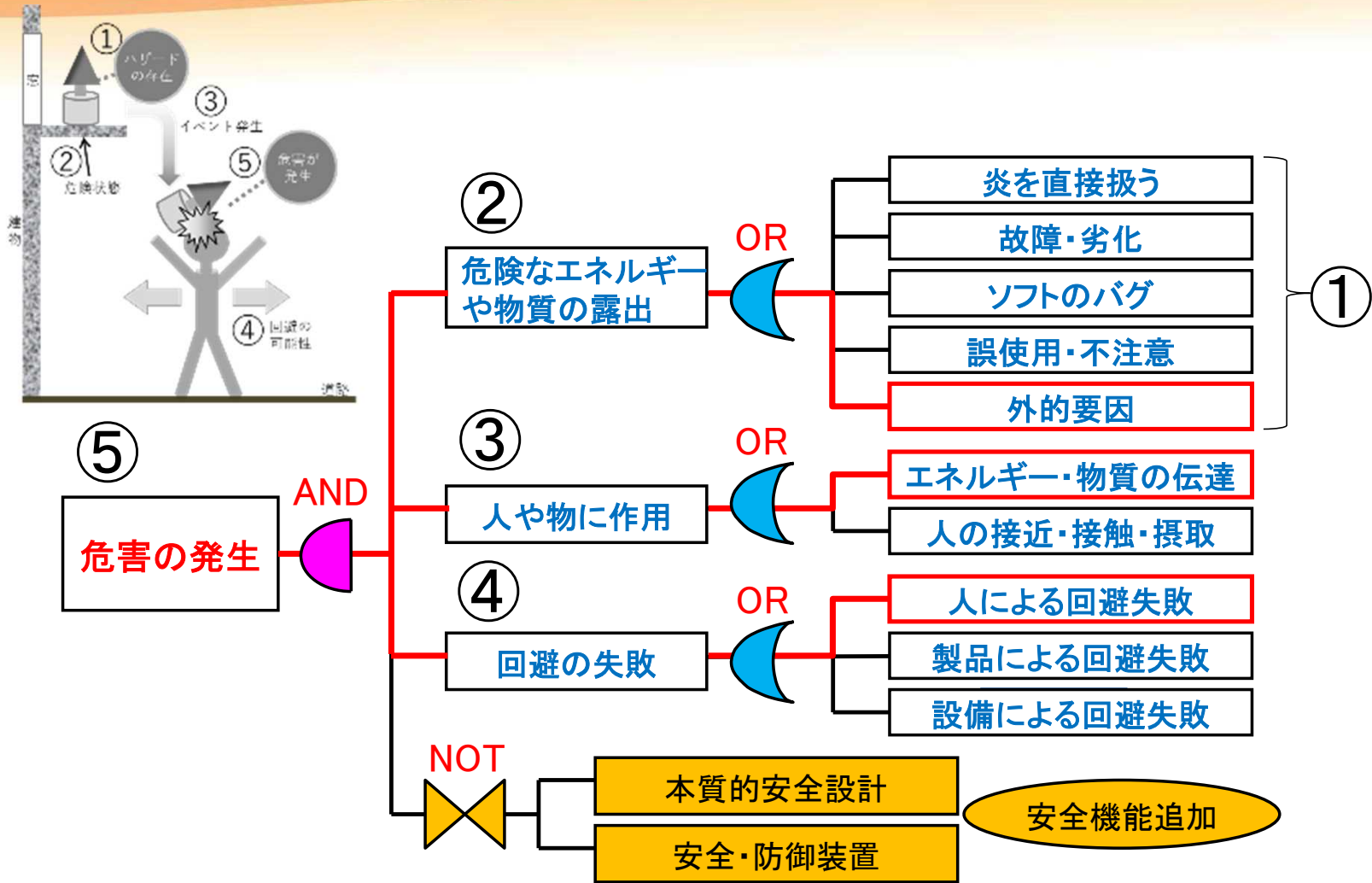


安全領域に至るまでリスクを低減する方策の組み合わせ(セーフティモジュール)は単一でなく複数種考えると良い。コストや技術レベルに応じて、実装する低減策を選択する

講座概要

- (1) R-Map マッピング(発生頻度)
- (2) SM法①(スリーステップメソッド:択一)
- (3) SM法②(スリーステップメソッド:記述)
- (4) FT図・FTA(AND/ORゲート)

危害シナリオのモデル化(復習)





松本浩二、2014年、R-Mapとリスクアセスメント基本編、日科技連出版

Case.3 踏み台のリスクアセスメント

作成

トップ事象

高齢者が踏み台を使用中、バランスを崩し、踏み台から転落して重傷を負う

ANDゲート 
ORゲート 

1

高齢者が踏み台使用中に転落

- 足腰のしっかりしている高齢者
- バランスを崩す

2

- 体勢が変わる

- 昇り降り
- 身を乗り出す
- 重心が端に寄る

- 使用環境

- 屋内 - 付近に段差がある床面
- 屋外 - 傾斜のある場所
- 不安定な地面

- 踏み台が崩れる

- 製品起因
- 天板 - リベット穴周辺の強度不足
- 踏み棧 - ピス穴 (経年劣化)
- ピス穴 (強度不足)
- 樹脂破損 - 強度不足
- 製品起因でない
- 天板 - ロック・ストッパーの未確認
- 端に乗って重心が偏る
- 方向を誤って設置

- 体勢を立て直せない

- 高齢者の姿勢保持が困難
- 作業中で手がふさがる

- 高所にいる
- 打ちどころが悪い

- 硬い場所に落ちる
- 衝撃に弱い部位から落ちる

- 発見が遅れる

- 補助者がいない

解析

Case.3 踏み台のリスクアセスメント

作成

トップ事象

高齢者が踏み台を使用中、バランスを崩し、踏み台から転落して重傷を負う

1

高齢者が踏み台使用中に転落

- 足腰のしっかりしている高齢者
- バランスを崩す

2

体勢が変わる

- 昇り降り
- 身を乗り出す
- 重心が端に寄る

使用環境

- 屋内 - 付近に段差がある床面
- 屋外 - 傾斜のある場所
- 不安定な地面

踏み台が崩れる

- 製品起因
- 天板 - リベット穴周辺の強度不足
- 踏み棧 - ピス穴 (経年劣化)
- ピス穴 (強度不足)
- 樹脂破損 - 強度不足
- 製品起因でない
- 天板 - ロック・ストッパーの未確認
- 端に乗って重心が偏る
- 方向を誤って設置

- 体勢を立て直せない



- 高齢者の姿勢保持が困難
- 作業中で手がふさがる

- 高所にいる
- 打ちどころが悪い

- 硬い場所に落ちる
- 衝撃に弱い部位から落ちる

- 発見が遅れる

- 補助者がいない

ANDゲート 
ORゲート 

【Q】1,2に入るゲートは、それぞれANDゲート？ORゲート？

解析

Case.3 踏み台のリスクアセスメント

作成

トップ事象

高齢者が踏み台を使用中、バランスを崩し、踏み台から転落して重傷を負う

1

高齢者が踏み台使用中に転落

- 足腰のしっかりしている高齢者
- バランスを崩す

2

- 体勢が変わる

- 昇り降り
- 身を乗り出す
- 重心が端に寄る

- 使用環境

- 屋内 - 付近に段差がある床面
- 屋外 - 傾斜のある場所
- 不安定な地面

- 踏み台が崩れる

- 製品起因
- 天板 - リベット穴周辺の強度不足
- 踏み棧 - ピス穴 (経年劣化)
- ピス穴 (強度不足)
- 樹脂破損 - 強度不足
- 製品起因でない
- 天板 - ロック・ストッパーの未確認
- 端に乗って重心が偏る
- 方向を誤って設置

ANDゲート

ORゲート

ANDゲート: 全て発生して起こる
ORゲート: いずれかが発生して起きる

- 体勢を立て直せない

- 高齢者の姿勢保持が困難
- 作業中で手がふさがる

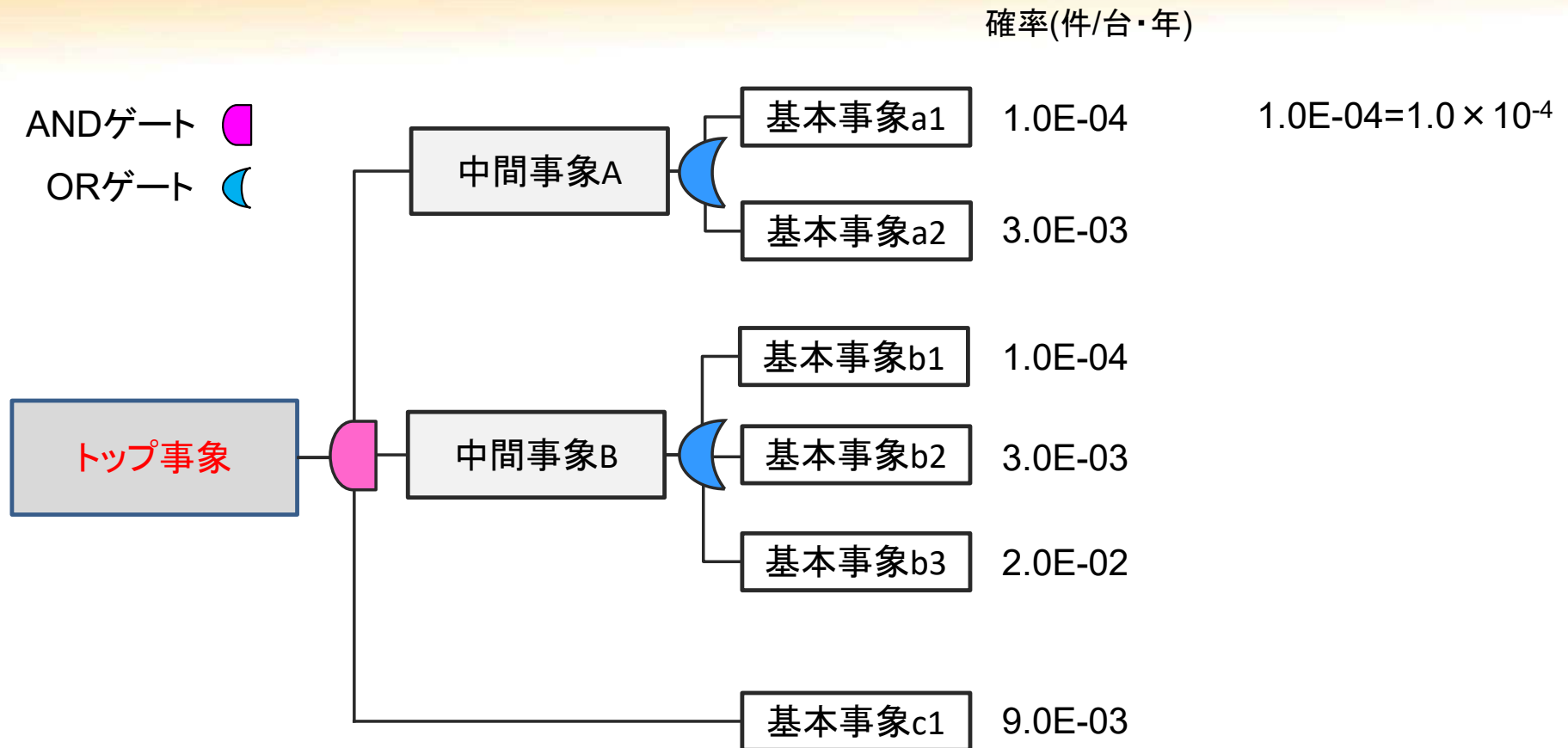
- 高所にいる
- 打ちどころが悪い

- 硬い場所に落ちる
- 衝撃に弱い部位から落ちる

- 発見が遅れる - 補助者がいない

解析

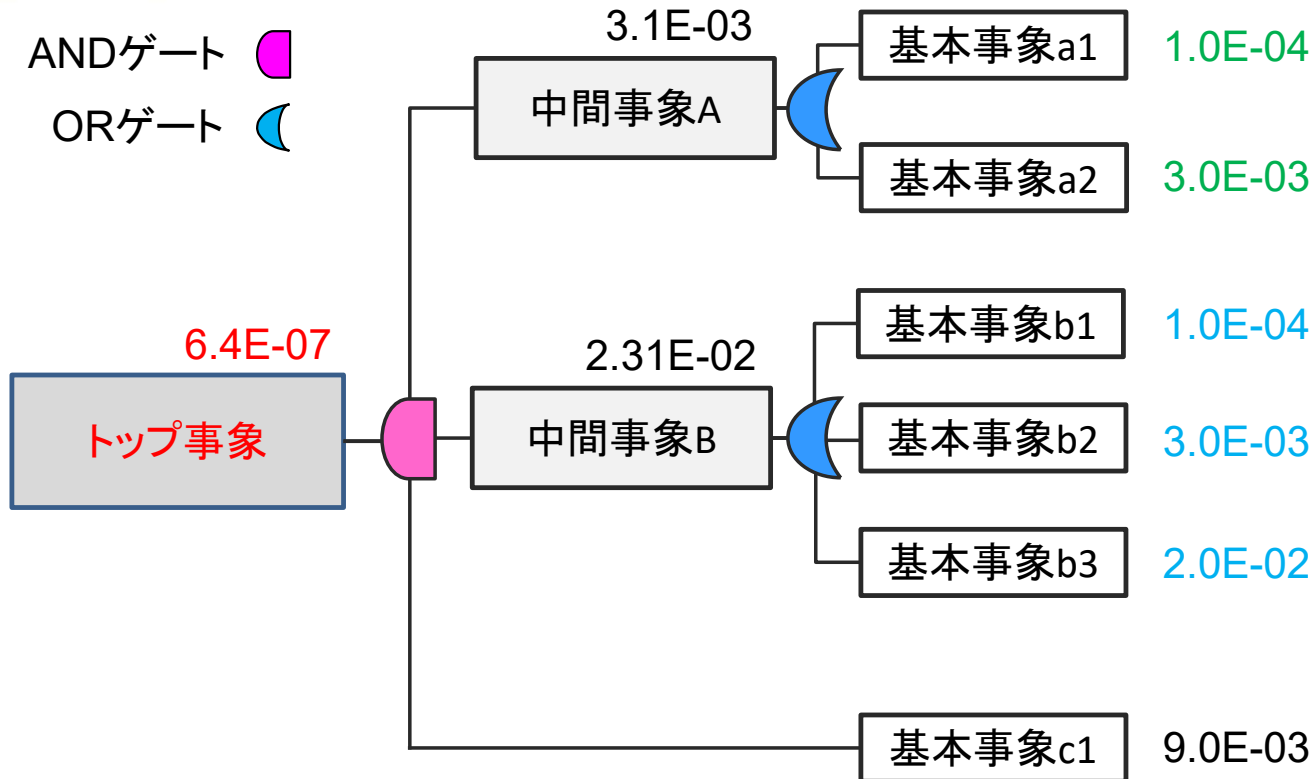
Case.3 踏み台のリスクアセスメント



【Q】図のように基本事象の確率が分かっているとき、トップ事象の確率はいくつになる？

Case.3 踏み台のリスクアセスメント

発生頻度(件/台・年)



$$(1.0E-04+3.0E-03) \times (1.0E-04+3.0E-03+2.0E-02) \times 9.0E-03 = 6.4E-07$$

FTAにおいて、 は掛け算、 は足し算として確率を計算する

事故 **ナイト** いいね

ご清聴ありがとうございました

<https://www.nite.go.jp/jiko/>

安全とあなたの未来を支えます

nite National Institute of Technology and Evaluation
独立行政法人 製品評価技術基盤機構