

可燃性冷媒を使用した
内蔵ショーケース及び冷機応用製品
の追加検討報告書

JRA4078/4084 改定WG

【メンバー（報告書作成時）】

主査	関 和芳	(ホシザキ株式会社)
委員	関口 正之	(サンデン・リテールシステム株式会社)
	山澤 圭佑	(ダイキン工業株式会社)
	吉園 修平	(大和冷機工業株式会社)
	小林 章	(中野冷機株式会社)
	浜本 黎	(パナソニック株式会社)
	沼田 俊介	(パナソニック株式会社)
	菊野 真二	(フクシマガリレイ株式会社)
	原 明孝	(株式会社フジマック)
	木下 裕章	(富士電機株式会社)
	鈴木 義康	(ホシザキ株式会社)
	実川 賢一	(三菱電機冷熱応用システム株式会社)
事務局	橋立 勝巳	(日本冷凍空調工業会)
	高田 浩史	(日本冷凍空調工業会)

【上記以外の参加メンバー】

オブザーバー 山下 浩司 (空調冷熱技術研究所)

【免責事項】

本報告書は、最新の技術情報に基づき万全を期して作成しておりますが、掲載された情報の正確性を保証するものではありません。また、本報告書に掲載された情報・資料を利用、使用するなどの行為に関連して生じたいかなる損害についても、日本冷凍空調工業会並びに著者は何ら責任を負いません。

【著作権】

本報告書の著作権は日本冷凍空調工業会並びに著者が有しています。許可なく全体あるいは一部の転載、複製はお断りします。

目 次

	ページ
1 はじめに · · · · ·	1
2 冷媒量 150g の解析について · · · · ·	2
3 ショーケースの冷媒漏洩解析 · · · · ·	4
4 廚房機器の冷媒漏洩解析 · · · · ·	16

1 はじめに

可燃性冷媒を使用した内蔵形冷凍冷蔵機器に関する国内規格 JIS C 9335-2-89 では、冷媒量が 150g を超える機器に限定して、冷媒濃度測定試験によって冷媒漏えい時に機器周囲に可燃域が生成されない確認をすることが規定されている。一方、当工業会の規格及びガイドラインにおいては、冷媒量 150g 以下の機器については、冷媒量が多い場合の冷媒漏えい解析結果に基づき冷媒量 150g 以下の可燃域の大きさを推測してリスクアセスメントを行い、その結果、安全担保の対策を施す規定としていた。

今回、冷媒量 150g 以下の機器に絞って、冷媒漏えい解析及びリスクアセスメントを行った結果、冷媒漏えい時の着火リスクが許容値以下になったため、JIS C 9335-2-89 と同様に、冷媒量 150g を超える機器に要求している使用時の安全対策を施す規定を冷媒量 150g 以下の機器に適用しない規定に改正する。その根拠となる解析結果を本書にて記述する。

2 冷媒量 150g の解析について

2.1 解析の目的

報告書本体では、ショーケースを対象として冷媒量 500g と 358g の条件でリスクアセスメントが実施されていた。これらの解析を元に、冷媒量と床面積が変動したときの可燃域継続時間及び平均可燃空間体積を算出する近似式が以下の通り求められた。

・ 庫内漏洩時の可燃域継続時間及び平均可燃空間体積

$$T_V = 4.61 \times 10^5 \times \left(\frac{M}{A} \right)^2 - 4.76 \times 10^3 \times \left(\frac{M}{A} \right) + 1.38 \times 10^1 \quad (\text{風量 } 0 \text{ m}^3/\text{min}, \text{ エアカーテン無}) \quad (5-1-1)$$

$$V_V = 1.36 \times 10^2 \times \left(\frac{M}{A} \right) + 1.34 \quad (\text{風量 } 0 \text{ m}^3/\text{min}, \text{ エアカーテン無}) \quad (5-1-2)$$

$$T_V = 1.04 \times 10^1 \times \left(\frac{M}{A} \right) + 8.22 \times 10^{-1} \quad (\text{風速 } 2.5 \text{ m/s} \cdot \text{風量 } 12.45 \text{ m}^3/\text{min}, \text{ エアカーテン無}) \quad (5-1-7)$$

$$V_V = 4.48 \times 10^1 \times \left(\frac{M}{A} \right) + 9.40 \times 10^{-1} \quad (\text{風速 } 2.5 \text{ m/s} \cdot \text{風量 } 12.45 \text{ m}^3/\text{min}, \text{ エアカーテン無}) \quad (5-1-8)$$

・ 庫外漏洩時の可燃域継続時間及び平均可燃空間体積

$$T_V = 4.41 \times 10^5 \times \left(\frac{M}{A} \right)^2 - 1.42 \times 10^3 \times \left(\frac{M}{A} \right) + 3.94 \quad (\text{風量 } 0 \text{ m}^3/\text{min}, \text{ leak outside}) \quad (5-2-1)$$

$$V_V = 8.90 \times 10^1 \times \left(\frac{M}{A} \right) + 2.58 \quad (\text{風量 } 0 \text{ m}^3/\text{min}, \text{ leak outside}) \quad (5-2-2)$$

A : 床面積 (m²)

M : 冷媒量 (kg)

T_V : 可燃空間継続時間 (min)

V_V : 平均可燃空間体積 (m³)

今回の検討では近似式より冷媒充填量 150g の着火確率の算出を試みた。無風の室内で静かに冷媒が漏洩する庫外漏洩 (5-2-1) 及び (5-2-2) では、近似式により床面からの可燃域到達高さが算出でき、着火確率が算出できた。しかし、流動する気流下では時々刻々と

変化する可燃空間と着火源との交錯が判断できないため、着火確率の算出に至らなかった。今回はこの課題を解決するため、冷媒量 150g での解析を新たに実施する事とした。

2.2 リリーサブルチャージの検討

解析に先立ち、冷媒充填量が 150g と少ない場合は、冷凍回路内に残留する冷媒（リリーサブルチャージ）の影響が大きくなると考えられたため近々成立予定の IEC60335-2-89. Ed4.0 Annex EE に基づいて検討を行い、10g が妥当であるとした。

同規格では、低圧配管からの漏洩を想定しており、高圧配管からの漏洩は対象外である。このため、解析ケースでは以下のように設定した。

- 低圧配管を介して庫内に漏洩する場合 : リリーサブルチャージ 10g、漏洩量 140g。
- 高圧配管を介して機械室に漏洩する場合 : リリーサブルチャージ 0g、漏洩量 150g。

本報告では、冷媒充填量 150g の製品において、庫内漏洩時は 140g、機械室漏洩時は 150g が漏洩する前提で解析を実施した。

2.3 解析対象範囲

今回の検証で新規に解析を行ったのは、下表のとおりである。

検討対象	部屋の広さ (m ²)	漏洩箇所	着火確率の算出
ショーケース	24	庫内	新規解析実施
		庫外	近似式を使用
	84	庫内	新規解析実施
		庫外	近似式を使用
厨房機器	30	庫内	新規解析実施
		庫外	
	7	庫内	
		庫外	

Fig. 2-1 新規解析対象

ショーケースについては、報告書本体 5 章記載の解析モデルを踏襲し、冷媒量を 140g に変更して解析を実施した。庫外漏洩については、近似式から算出された時空積を用いて着火確率を求めた。

冷機応用製品（以降「厨房機器」と記載）は近似式で着火確率を推定していたため、これまで解析モデルが存在していなかった。本編では付属書 B 第 5 章の基本的な厨房条件を踏襲し、扉の配置や換気条件等の詳細を新たに検討し、解析モデルを作成した。また、リスクの高い狭小設置条件として、冷媒充填量 150g から算出される最小設置床面積に相当する 7 m²を新たに追加した。

2.3 着火確率の検討

着火確率の検討にあたり、静電気による着火の可能性について評価を行った。冷媒量 500g および 358g の流動解析では、可燃域が扉の把手部まで到達することから、扉操作時に静電気が発生し、着火のリスクがあるとされていた。しかし、冷媒量 140g の解析では、可燃域が把手部に到達しないことが確認された。また、機外漏洩については解析を省略しているが、報告書本体の式 (5-2-2) に基づき、冷媒量 150g の平均可燃空間体積は 3.13 m³

と算出される。これを床面積 24.01 m^2 で除することで、可燃空間の高さは床面から約 13 cm となり、把手部には到達しない。床面近くで静電気による着火が想定されるのは、先行実施されたミニスプリット RA にて室内での着替え時にズボンやスカートを脱着する場面であるとされ、着火確率は $P_t = 1.39 \times 10^{-4}$ と報告されている。本検討ではこの値を用いて静電気による着火確率を算出し、その他の着火源については従来の算出方法を踏襲した。

3 ショーケースの冷媒漏洩解析

着火確率の計算に用いる可燃域継続時間、平均可燃空間体積及び可燃空間時空積を冷媒漏洩解析で求める。解析ソフトは MSC ソフトウェア製 scFLOW、乱流モデルは Realizable $k-\varepsilon$ モデルを用い、その他条件は報告書本体の 5 章と同一とした。

3.1 庫内漏えい解析（2 枚扉・庫内容積 1.08 m^3 ・床面積 24.01 m^2 ）

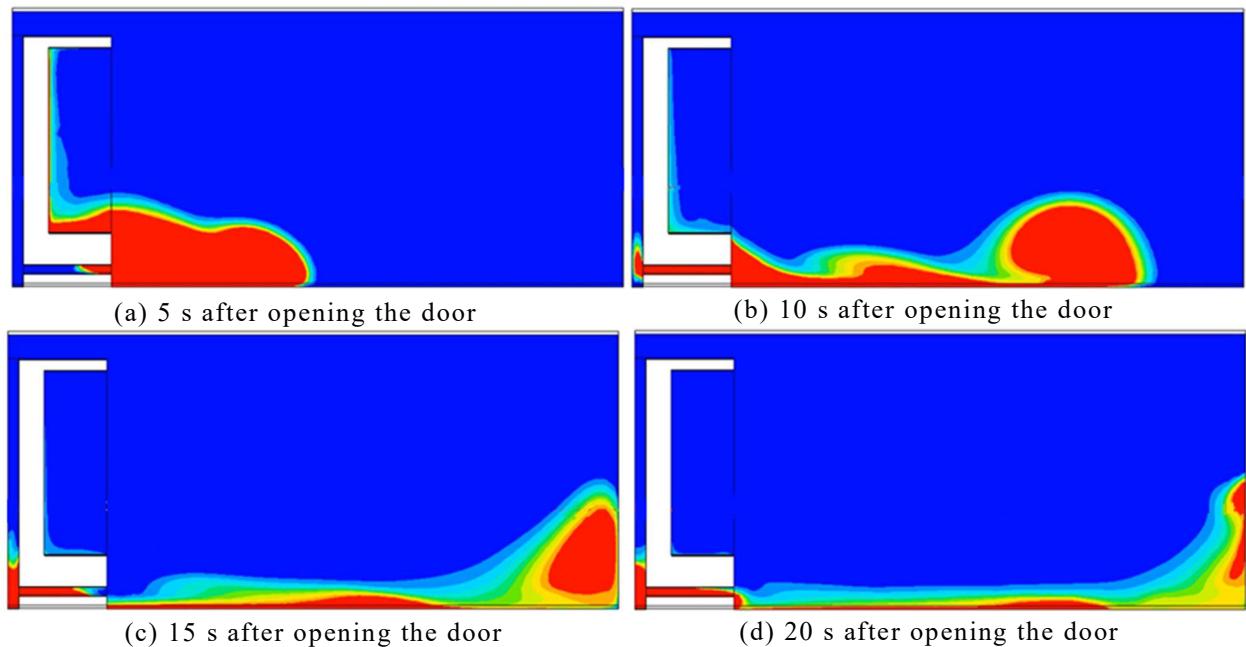


Fig. 3-1 濃度分布（エアカーテン無・風速 0 m/s・漏洩冷媒量 140g）

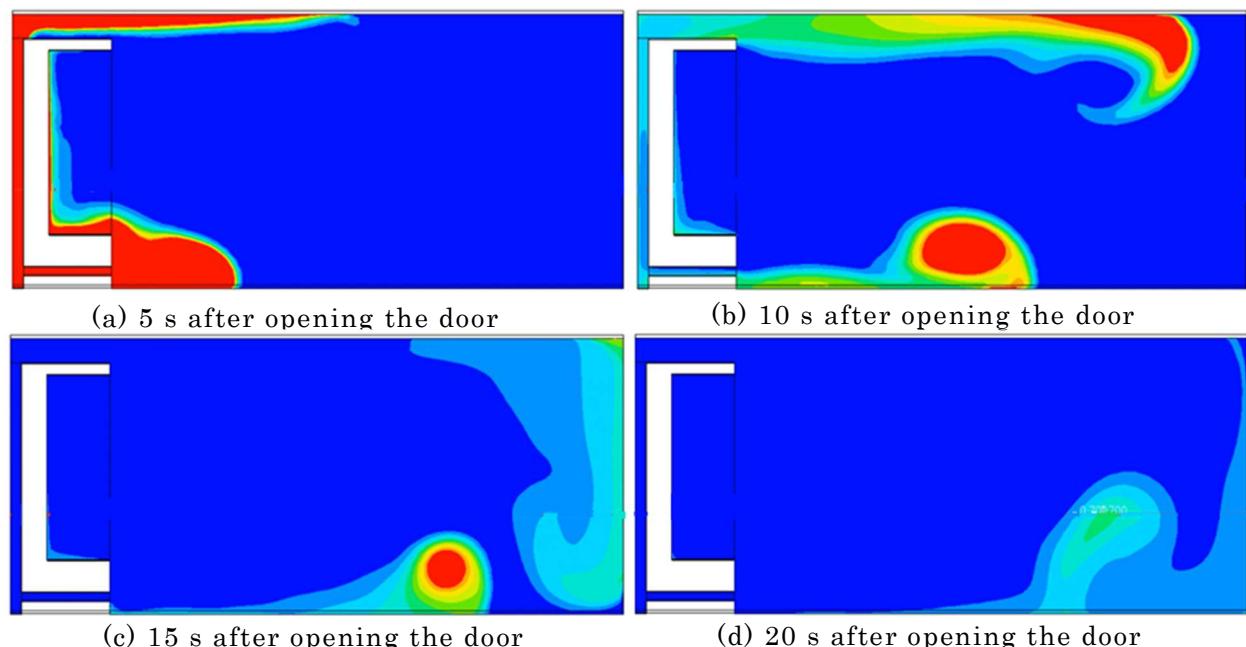


Fig. 3-2 濃度分布（エアカーテン無・風速 2.5 m/s・漏洩冷媒量 140g）

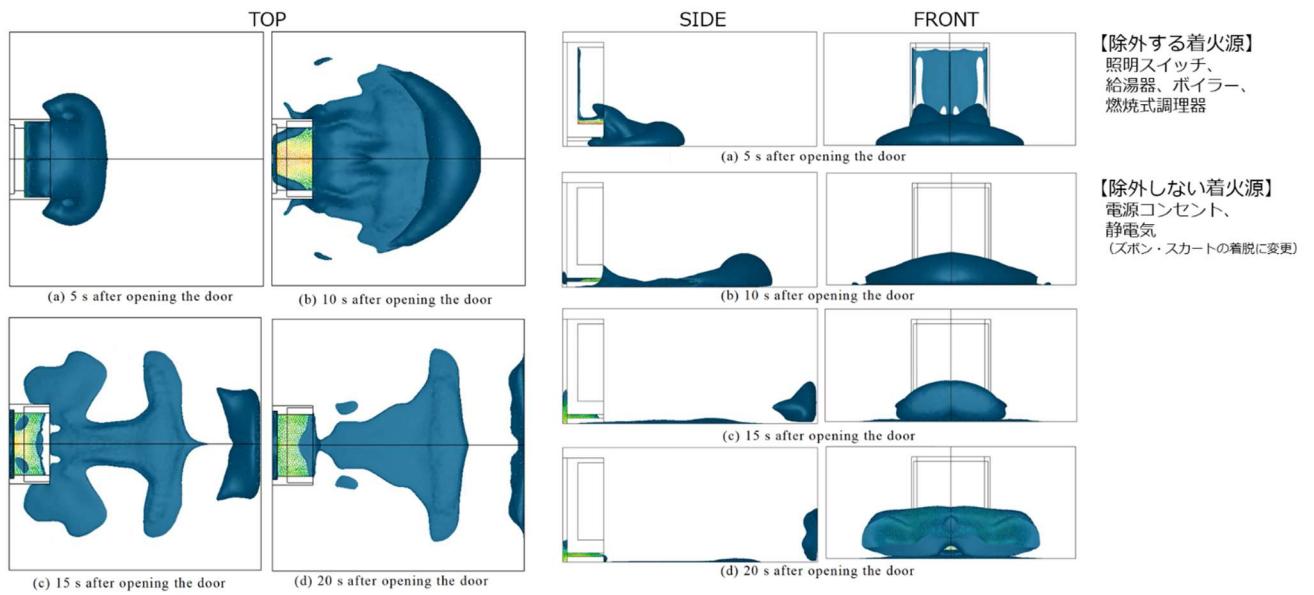


Fig. 3-3 流動解析（エアカーテン無・風速 0 m/s・漏洩冷媒量 140g）

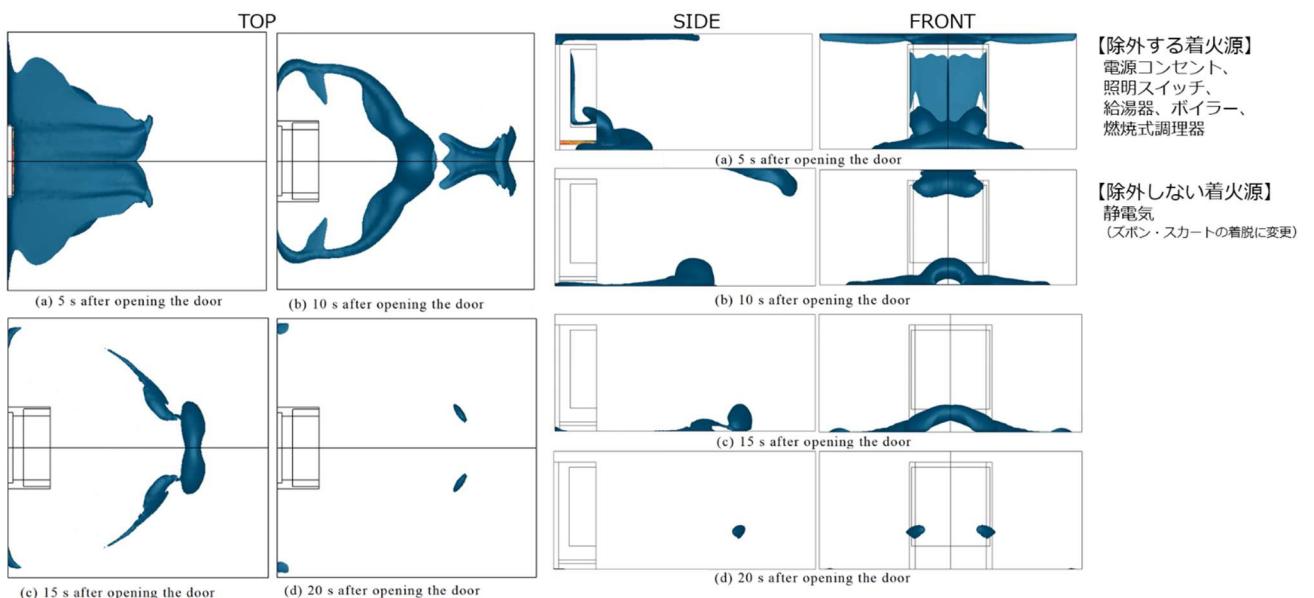


Fig. 3-4 流動解析（エアカーテン無・風速 2.5 m/s・漏洩冷媒量 140g）

漏洩冷媒量 140g の解析結果より、500g よりも可燃空間体積が小さくなることが確認された。流動解析で可燃空間と着火源との交錯を検討した結果、電源コンセント（風速 2.5m のみ）、照明スイッチ、燃焼式調理器は可燃空間と交錯せず、着火源から除外できる事が分かった。残った着火源のうち、給湯器・ボイラーが着火確率に与える影響が大きいことが分かり、漏洩時に着火するのか否かを別途確認する事とした。

3.2 給湯器・ボイラーの着火解析

給湯器・ボイラーの着火確認は、建築基準法で定められた換気条件下で流動解析を行い、可燃空間と給湯器・ボイラーが交錯するか否かによって行う事とした。建築基準法では、屋内で燃焼機器を使用する場合、ガスの消費量に応じた換気が義務付けられている。このため、換気量が最小となる条件が最も厳しい解析条件になると想え、業務用給湯器の最小容量の型式を確認し、ガス消費量を 21.7kW と設定した。さらに、冷媒が庫内漏洩した際、最も高い位置まで到達する場所が最大のリスクとなることを踏まえ、ショーケースの正面に給湯器を配置した。文献³⁻²⁻¹⁾によれば、燃焼機器と一緒に設置が義務付けられているフードについては、排気フード I 型と排気フード II 型が定義されている。排気フード II 型は燃焼機器の後方に所定寸法張り出す構造であるため、壁際に取り付けられる給湯器では選択する事ができない。よって排気フード I 型で換気量を算出した。排気フード I 型では、ガス消費量 1kW 当たり 27.9 m³/h の風量が必要とされているため、給湯器を設置した部屋では 605.4 m³/h の排気量が必要となった。

業務用給湯器の外形を W370×D260×H570 とし、床面から 70 cm の位置に設置するモデルとした。また、排気フードは、排気フード I 型と給湯器の設置要領を満たすため W1000×D500×H740 とし、給湯器直上に設置し、605.4 m³/h の風量を定義した。ショーケースの凝縮器ファンモーターが動作している場合、給湯器・ボイラーが設置されている壁面まで可燃空間が到達しないことが Fig. 3-4 で確認されているため、凝縮器ファンモーター停止時のみ解析を行った。流動解析の結果可燃空間と給湯器・ボイラーは交錯しない事が確認され、着火源より除外した。残った着火源は静電気と、電源コンセント(風速 0m のみ)となった。

参考文献

3-2-1) 一般財団法人日本ガス機器検査協会：「業務用ガス機器の設置基準及び実務指針」
(2017.3).

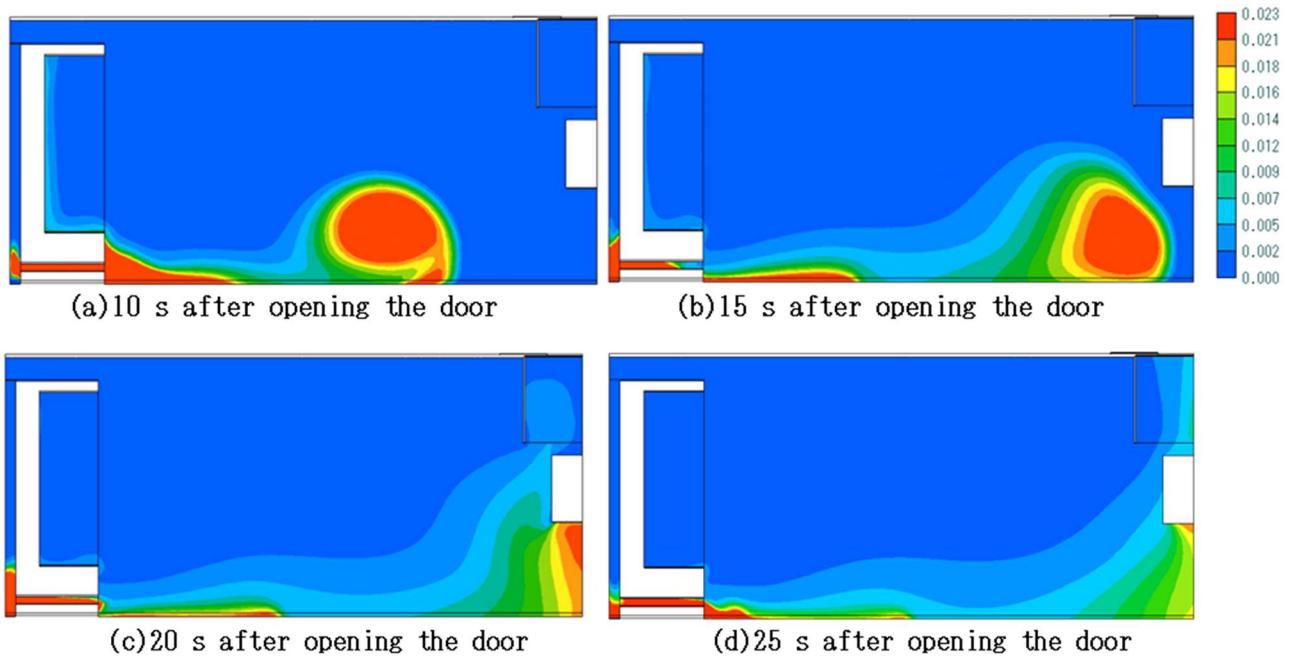


Fig. 3-5 濃度分布 (エアカーテン無・風速 0 m/s・漏洩冷媒量 140g)

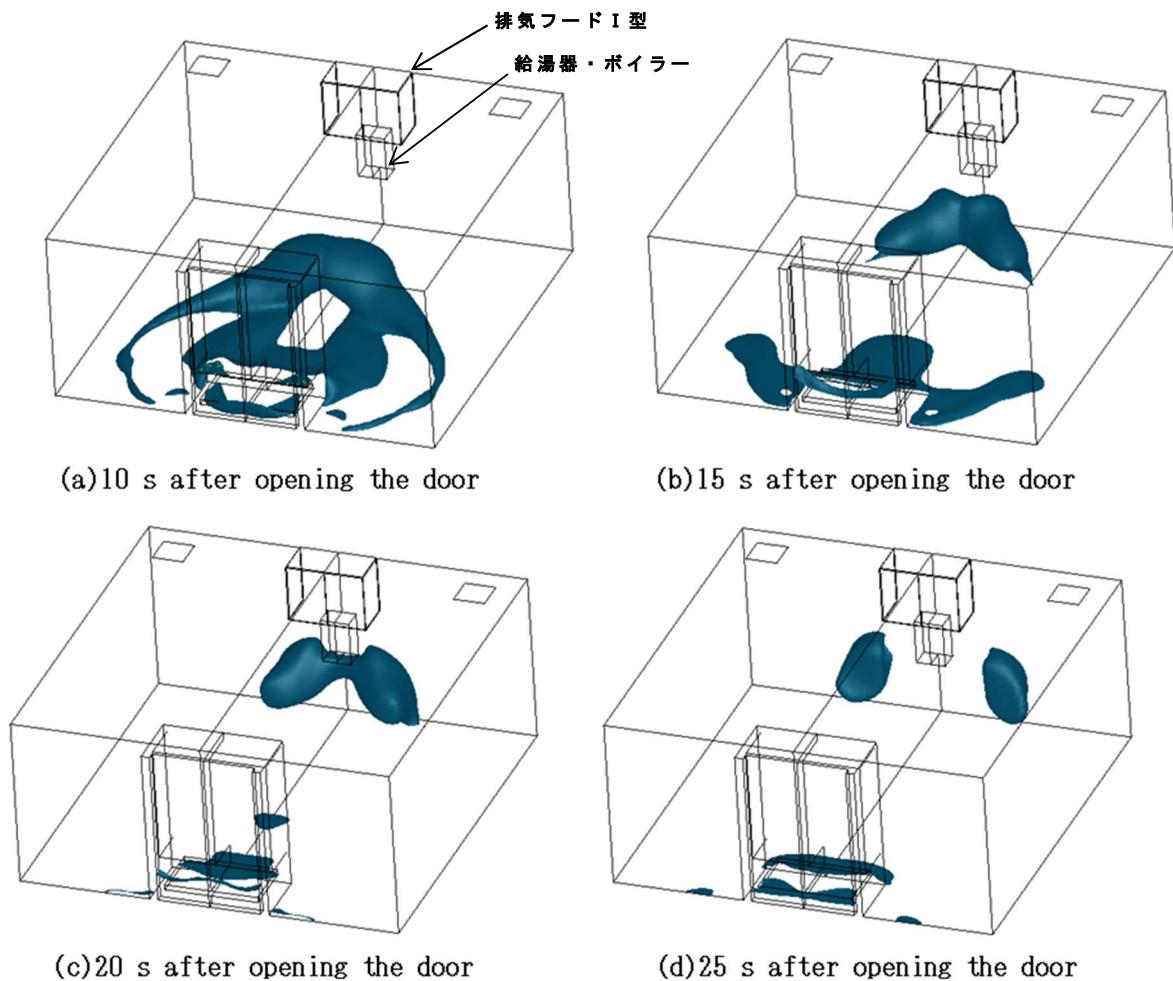


Fig. 3-6 流動解析 (エアカーテン無・風速 0 m/s・漏洩冷媒量 140g)

3.3 庫内漏えい解析 (2枚扉・庫内容積 1.08 m³・床面積 84.7 m²)

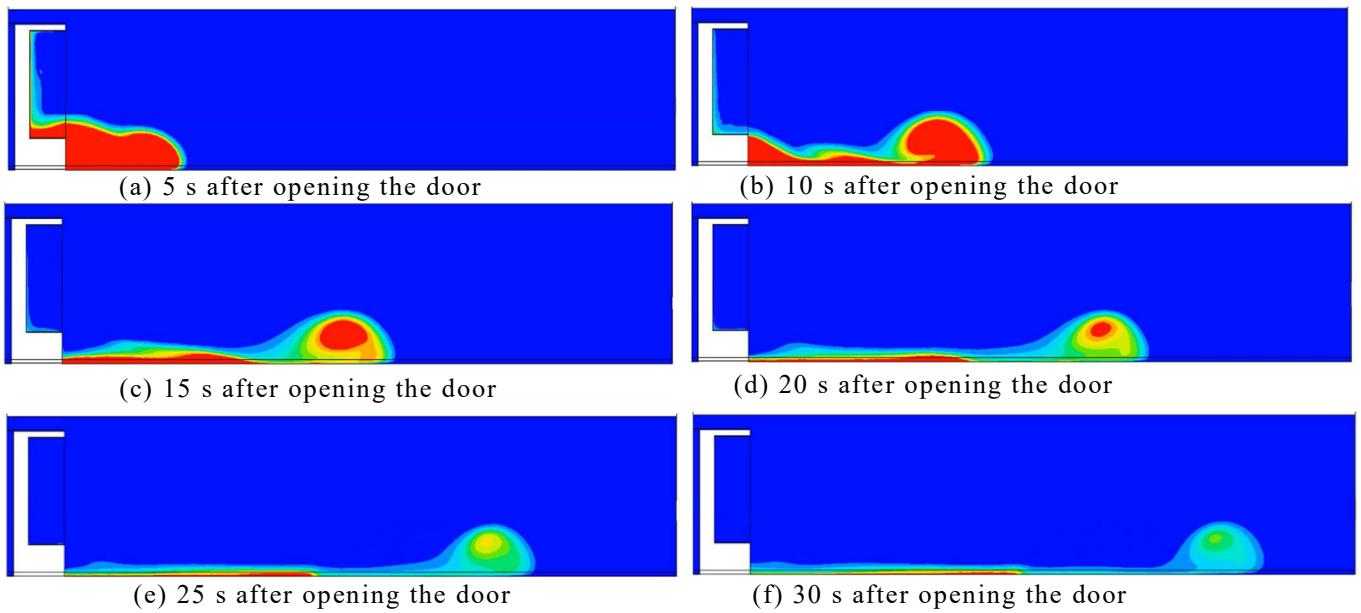


Fig. 3-7 濃度分布 (エアカーテン無・風速 0 m/s・漏洩冷媒量 140g)

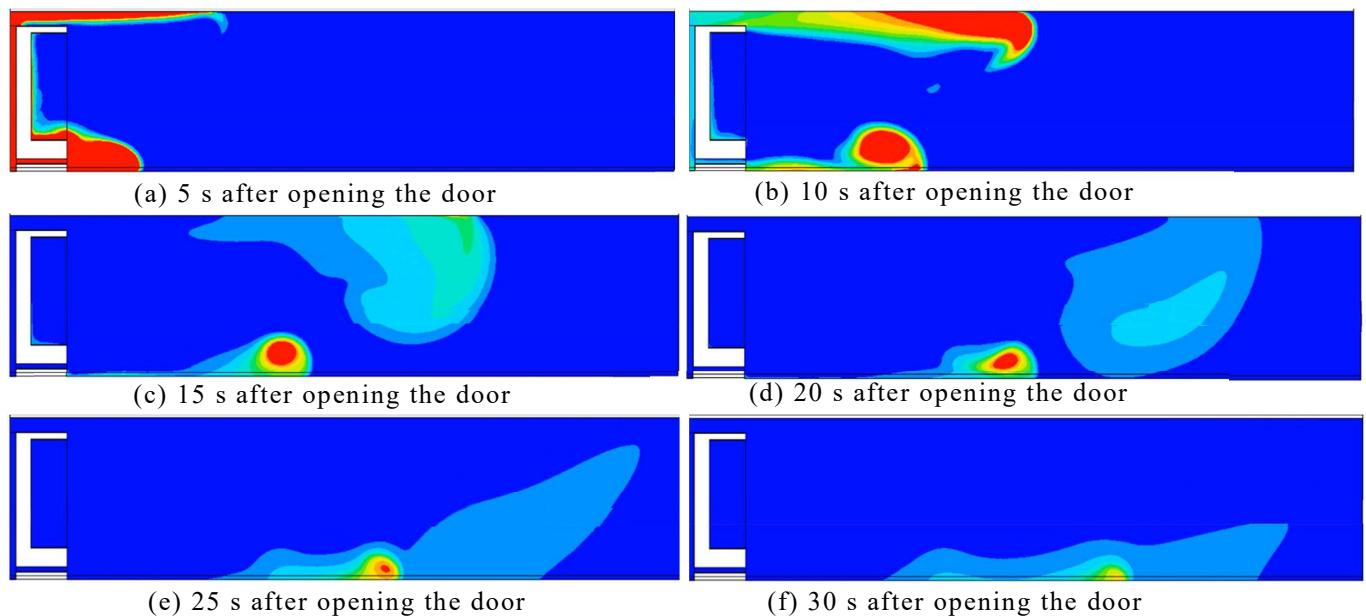


Fig. 3-8 濃度分布 (エアカーテン無・風速 2.5 m/s・漏洩冷媒量 140g)

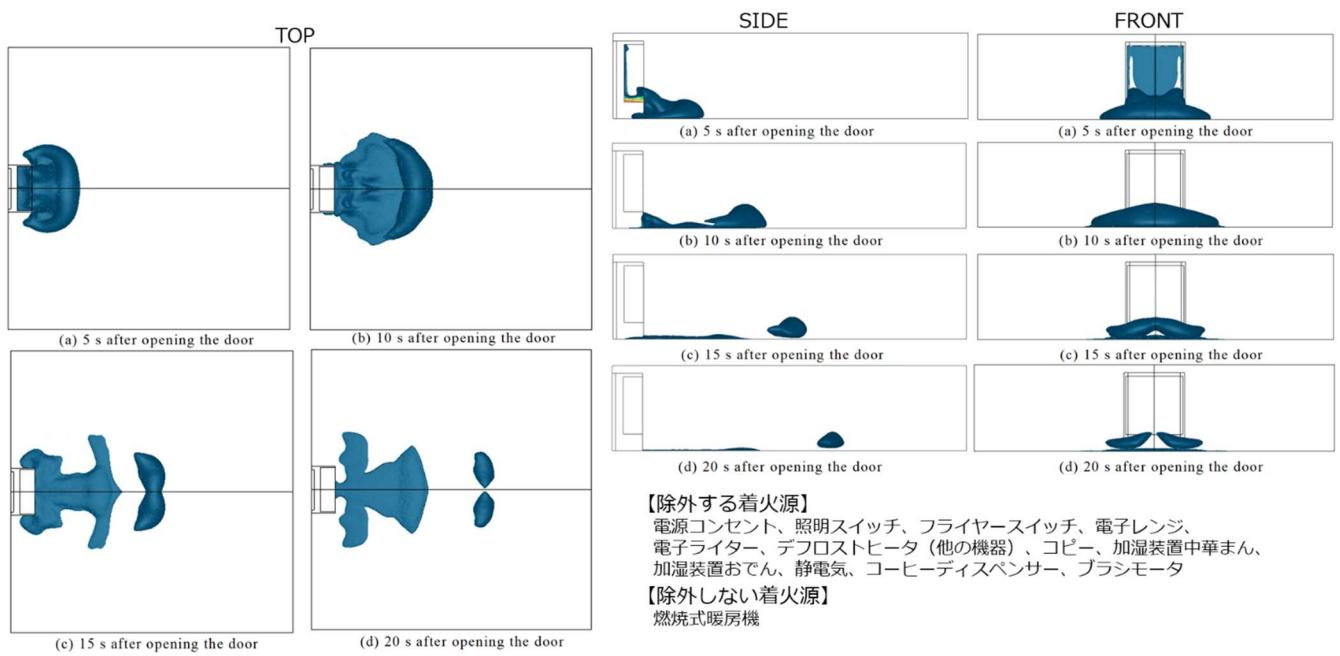


Fig. 3-9 流動解析（エアカーテン無・風速 0 m/s・漏洩冷媒量 140g）

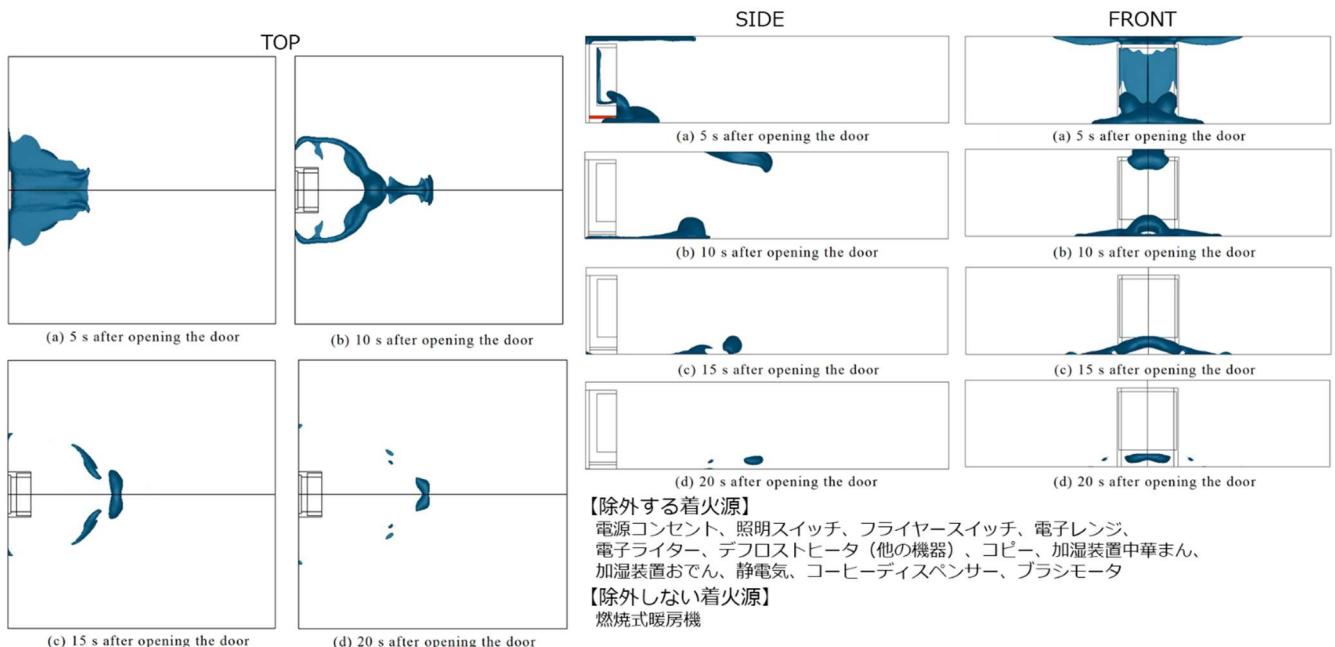


Fig. 3-10 流動解析（エアカーテン無・風速 2.5 m/s・漏洩冷媒量 140g）

床面積 84.7 m²では 24.01 m²同様に可燃域が小さく、部屋が大きいため、想定された着火源に可燃域は到達せず、着火源は店舗床面に設置される燃焼式暖房機のみとした。

3.4 解析より算出された値

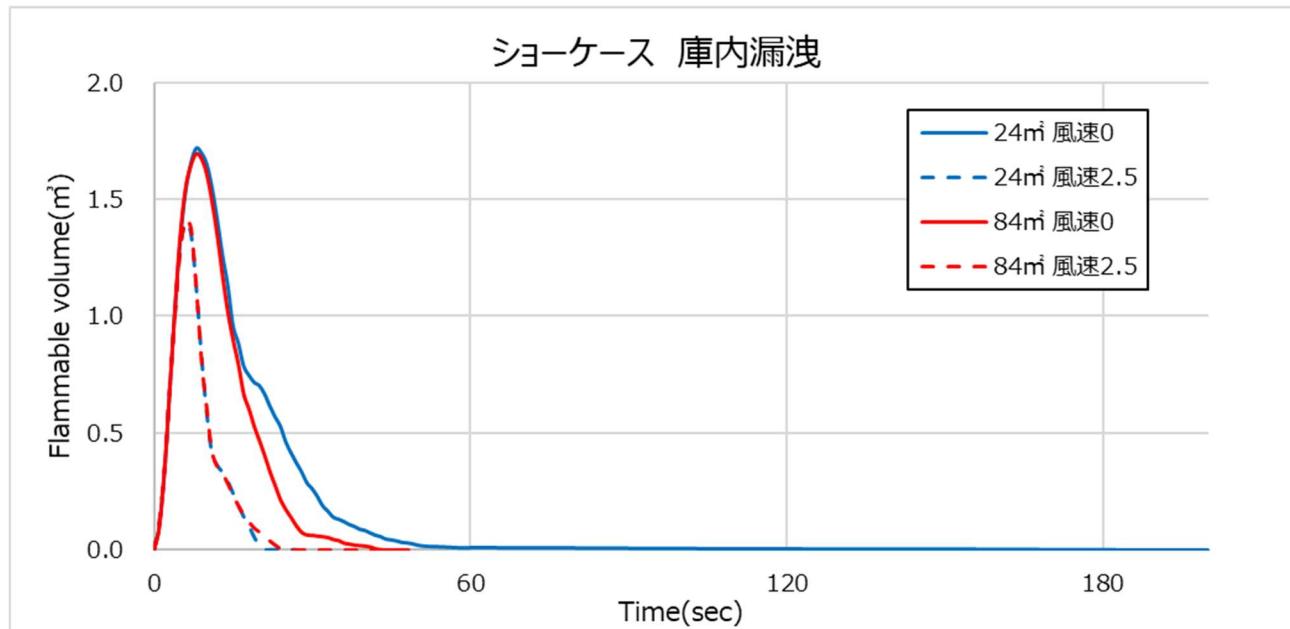


Fig. 3-11 可燃空間体積

Table 3-1 エアカーテン無時の時空積・可燃域継続時間・平均可燃空間体積

冷媒漏洩条件	凝縮器ユニット風速	部屋の広さ (m³)	84m³	24m³
庫内漏洩 扉急開放枚数2枚	0m/s	可燃域継続時間 (min)	0.733	3.150
		時空積 (m³ · min)	0.729	0.485
		平均可燃空間体積 (m³)	0.995	0.154
	2.5m/s	可燃域継続時間 (min)	0.400	0.367
		時空積 (m³ · min)	0.194	0.182
		平均可燃空間体積 (m³)	0.485	0.497
機械室漏洩	0m/s	可燃域継続時間 (min)	2.798	10.654
		時空積 (m³ · min)	7.629	33.016
		平均可燃空間体積 (m³)	2.727	3.099
	2.5m/s	可燃域継続時間 (min)	0	0
		時空積 (m³ · min)	0	0
		平均可燃空間体積 (m³)	0	0

※解析結果より、可燃域継続時間、平均可燃空間体積及び時空積を算出した。

なお、機械室漏洩は式 (5-2-1) 及び (5-2-2) より漏洩冷媒量 150g の条件で算出した。

※機械室漏洩では、報告書本体 78 頁に風速 2.0m/s で可燃域が生成されない記述があり、

風速 2.5m/s は可燃域が生成されないものとした。

3.5 FTA と着火確率

1) FTA

リーチインショーケース・下ユニットの店舗内使用時の FTA を Fig. 3-12・Fig. 3-13 に示す。

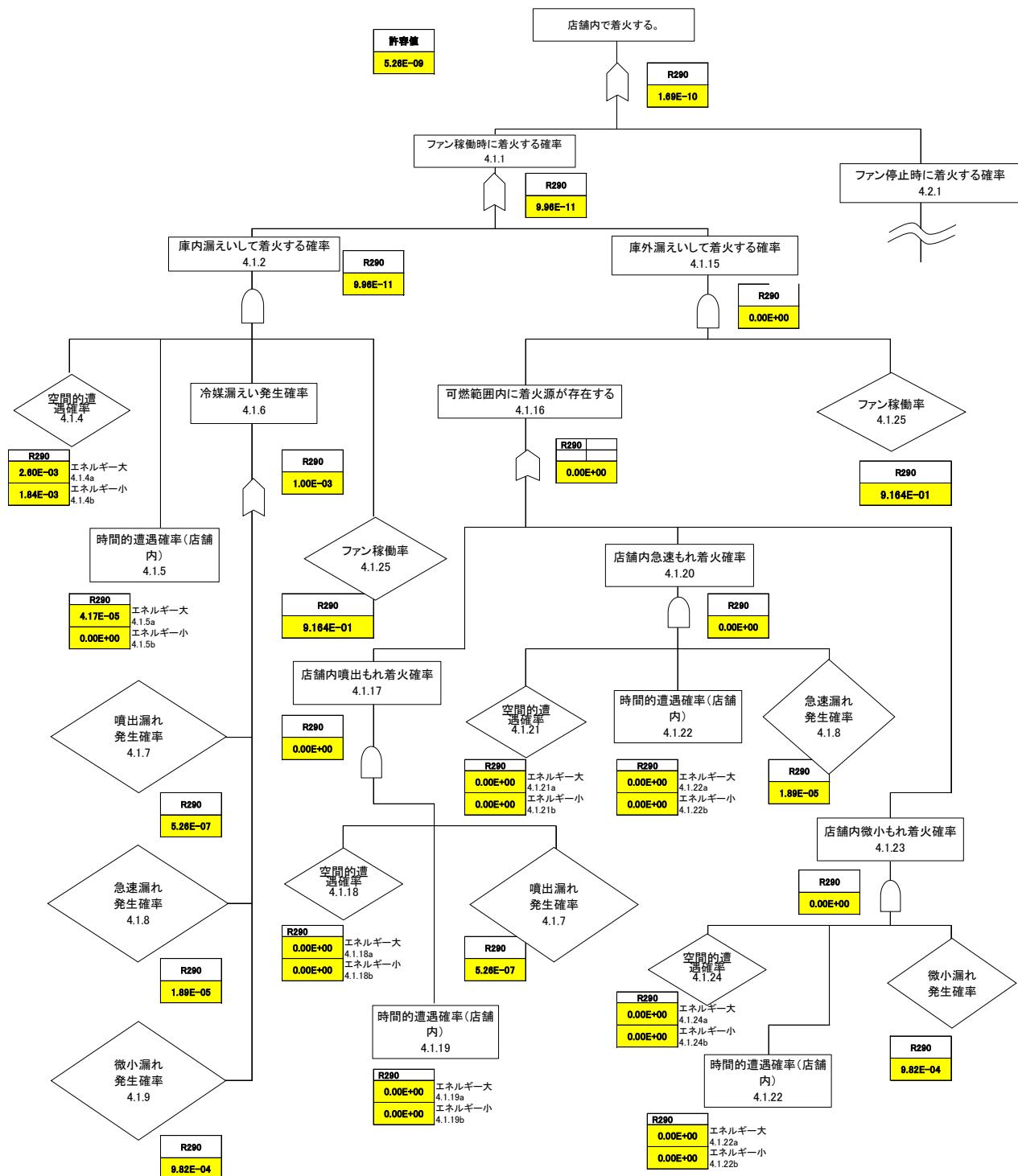


Fig. 3-12 店舗内使用時の FTA (ファン稼働時)

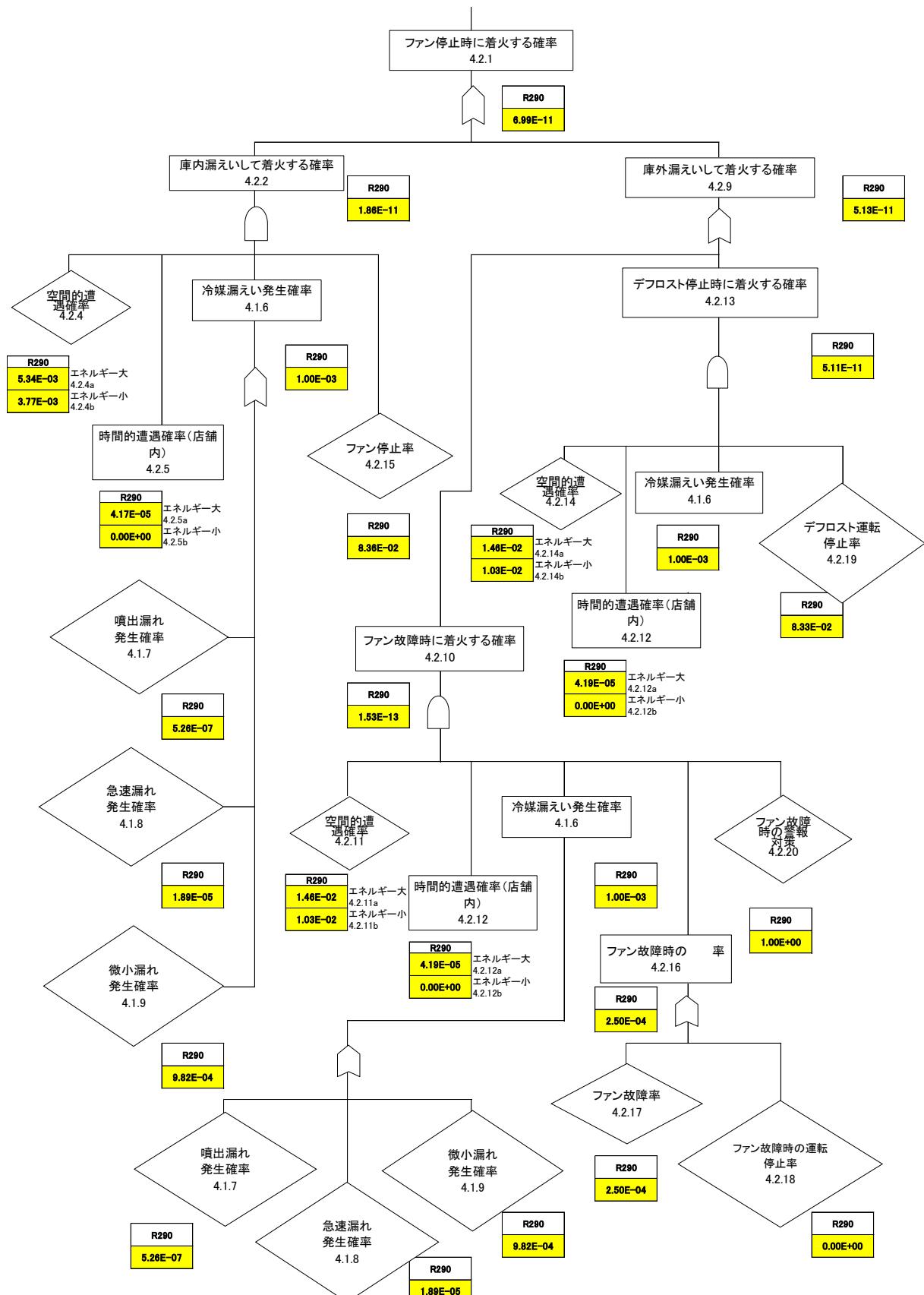


Fig. 3-13 店舗内使用時の FTA (ファン故障時)

リーチインショーケース・下ユニットのバックヤード内使用時の FTA を Fig. 3-14・Fig. 3-15 に示す。

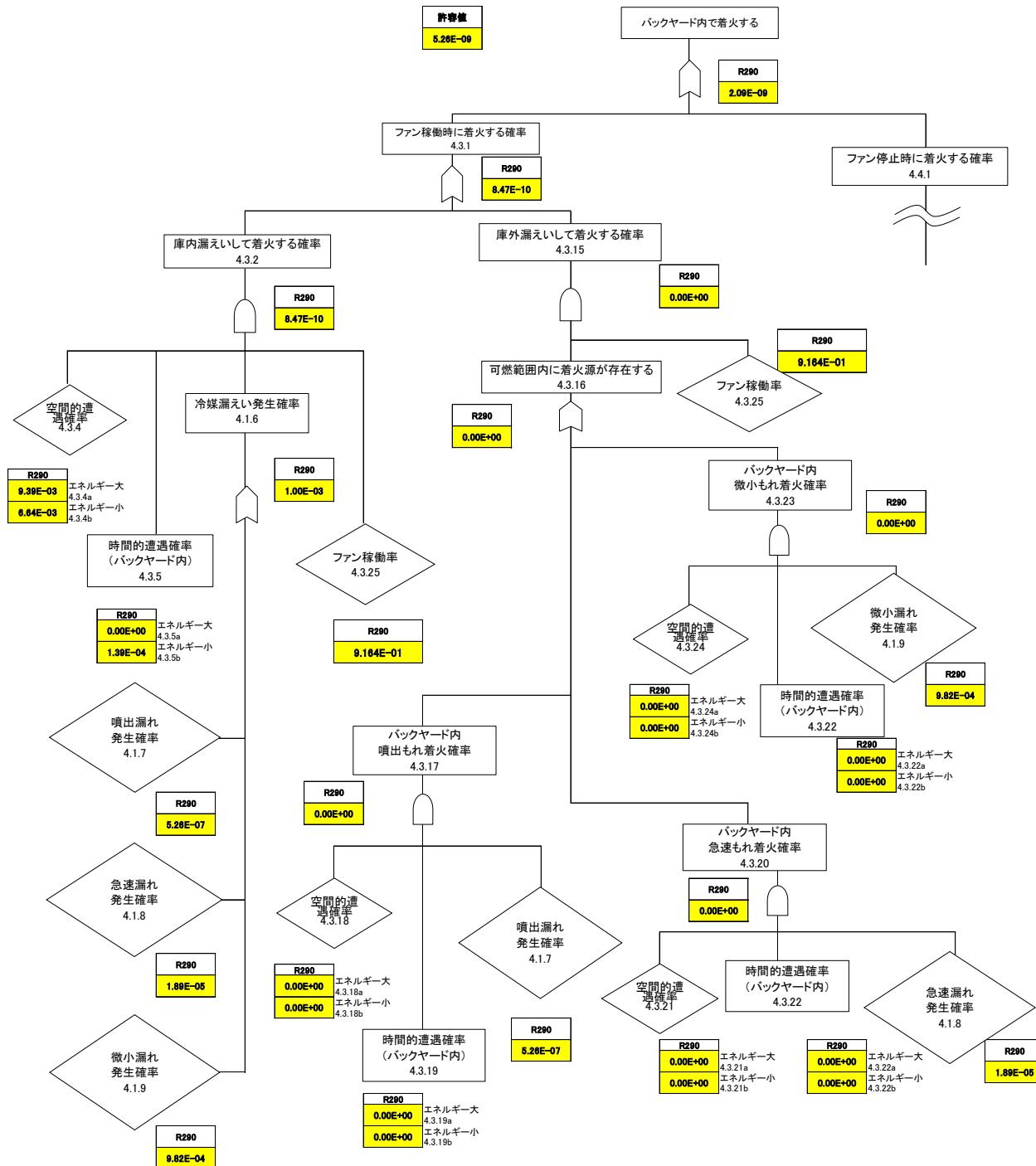


Fig. 3-14 バックヤード内使用時の FTA (ファン稼働時)

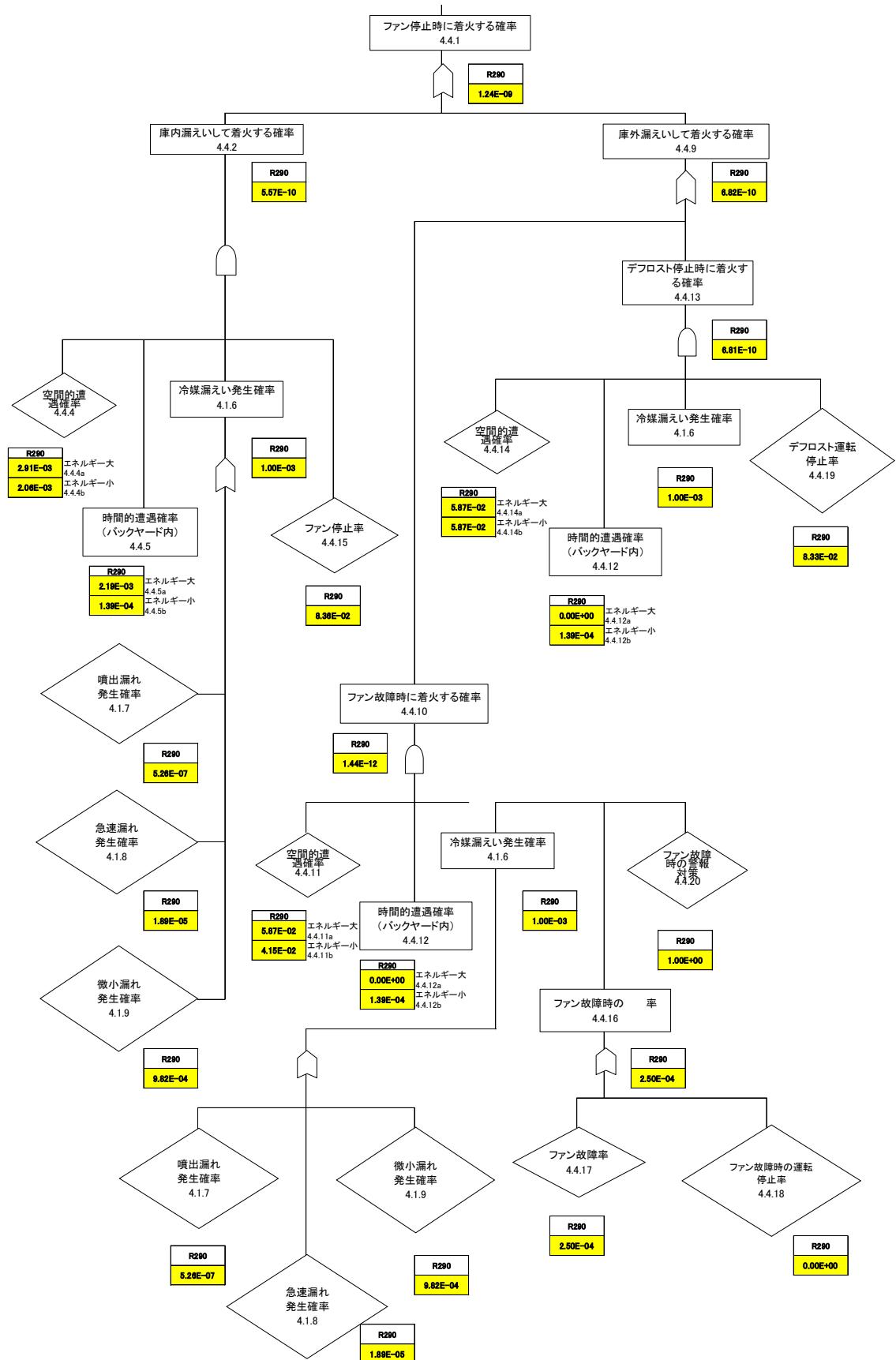


Fig. 3-15 バックヤード内使用時のFTA（ファン故障時）

2) 着火確率

店舗内使用時とバックヤード内使用時の着火確率は Table 3-2 の通りになる。冷媒量 150g では、未対策でも許容値以下となった。

Table 3-2 使用時着火確率 (許容値 5.26×10^{-9})

	店舗内着火確率		バックヤード内着火確率	
	未対策	対策	未対策	対策
リーチイン・下ユニット冷媒量 (冷媒量 150g)	1.69×10^{-10}	-	2.09×10^{-9}	-

4 廚房機器の冷媒漏洩解析

4-1 廚房の解析モデル

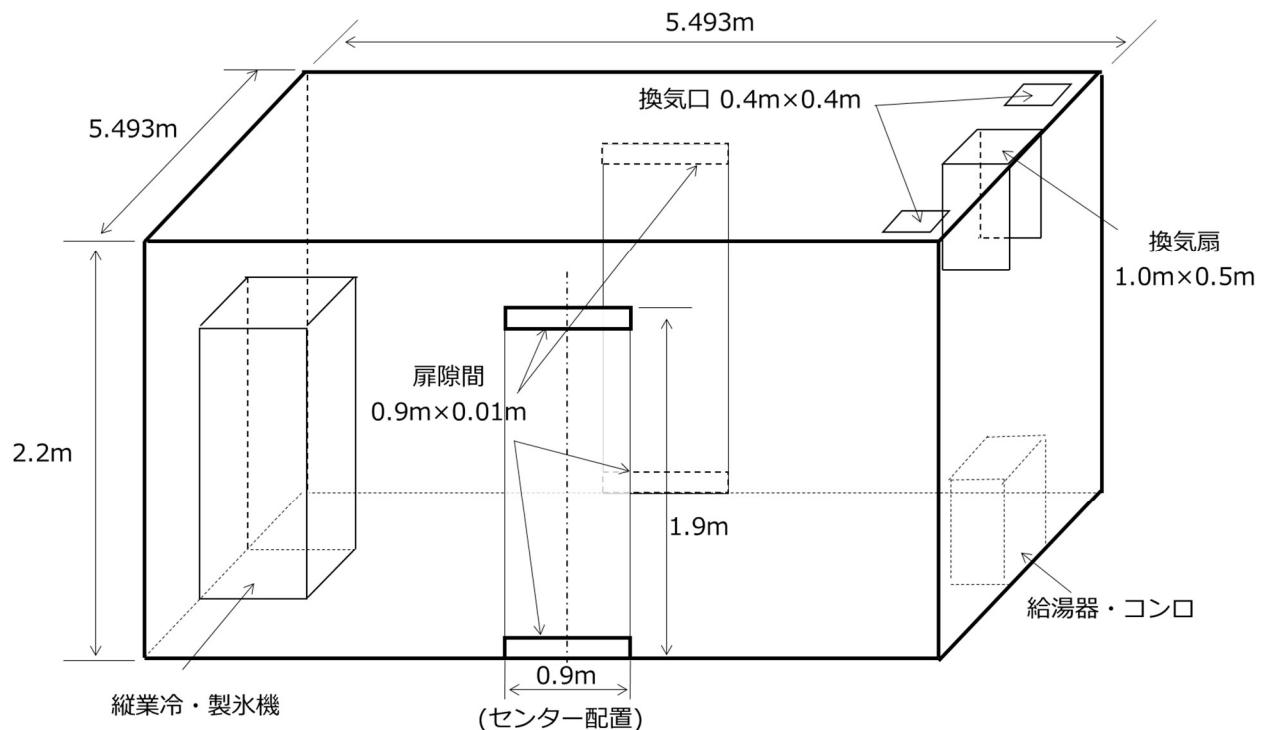


Fig. 4-1-1 30 m³の解析モデル

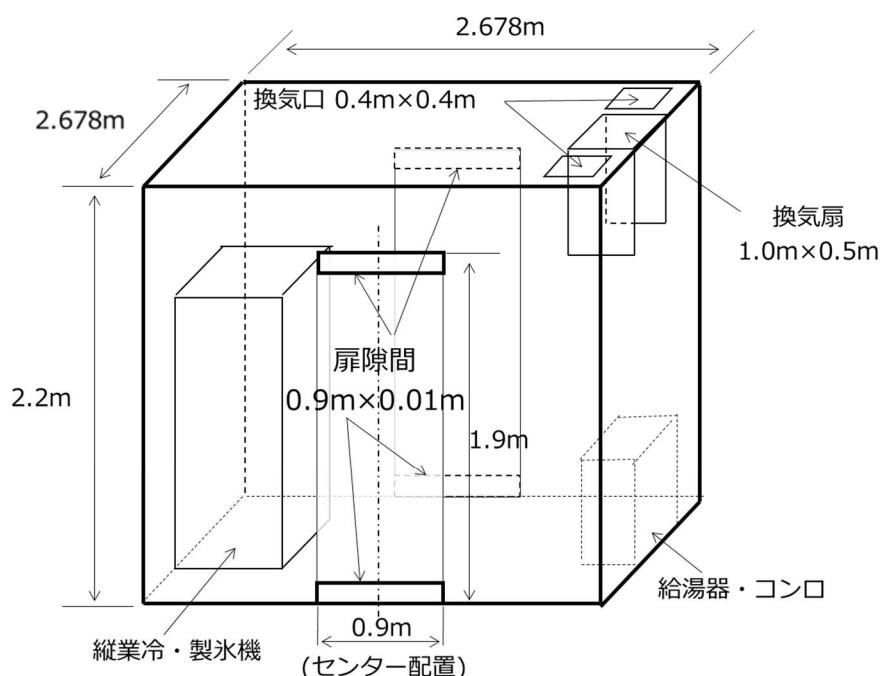


Fig. 4-1-2 7 m³の解析モデル

解析を行う部屋の広さは、居酒屋店舗の標準的な大きさである 30.17 m^2 及び冷媒充填量 150g の最小設置床面積の 7.17 m^2 の 2 種類とした。機材は部屋の中央壁面に設置され、着火源としてリスクの高いコンロ・給湯器はその正面に配置し、換気扇を上部に配置した。また、扉は W1800 × H1900 であるが、 7.17 m^2 では部屋が狭すぎて配置できないので、消防法を根拠として W900 の扉 2 枚を左右に分割して配置した。各扉の上下には各々 10mm の隙間を設けて解析を行った。換気口は報告書本体 56 頁より $0.4\text{ m} \times 0.4\text{ m}$ のサイズを機材対面の天井面に 2 個配置した。

換気条件は報告書本体 67 頁より、建築基準法に基づく換気回数 30 回/h を用いた。また、ガス機器のガス消費量より換気条件を求める方法もあるが、この場合の換気量は 30 回/h よりも値が大きくなり、有利な解析結果となることから、今回は建築基準法に準じて行った。

付属書 B 48 頁より、厨房に人がいる時間を 16 時間、そのうち営業時間を 10 時間とし、閉店時間を 8 時間とした。

(参考) ガス消費量による換気量の算出結果について

文献 4-1-1)によれば、燃焼機器は機器のガス消費量に応じた必要換気量の算出方法が定められている。設置を要する排気フードには I 型と II 型があるが、壁面に設置される給湯器及びコンロでは II 型を選択する事ができず、I 型を選択する事となる。

また、解析条件を厳しく設定するため、換気量が最小となるよう、ガス消費量が最も少ない機種をモデルケースとして以下の通り選定した。

- ・給湯器
メーカー:リンナイ 型式:RUXC-V1015SWF W350×D170×H538 ガス消費量 21.7kW/h
- ・コンロ
メーカー:リンナイ 型式:RSB-10T W324×D439×H159 ガス消費量 4.2kW/h

排気フードI型は換気量722.6m³/hと算出されるが、建築基準法による換気回数30回/hでは7m³の場合473m³/hと算出される。換気量の少ない厳しい条件で解析するため、ガス消費量による換気量の算出結果は採用せず、建築基準法による換気量を採用する事とした。

参考文献

4-1-1) 一般財団法人日本ガス機器検査協会：「業務用ガス機器の設置基準及び実務指針」
(2017.3).

4.2 廚房機器の解析モデル

解析対象には、厨房に設置される機器として、上ユニットの例は縦型業務用冷蔵庫を、下ユニットの例は横型業務用冷蔵庫と業務用製氷機が考えられた。下ユニットでは、冷媒漏洩時のリスクを最大化するため、冷媒充填量の多い大型バーチカル製氷機を選定した。機器構成率は付属書 B 28 頁より、上ユニットを 37 %、下ユニットを 63 %とした。

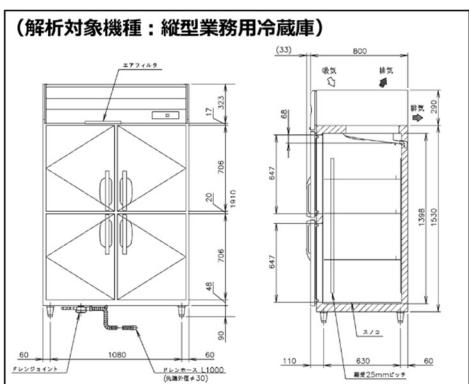


Fig. 4-2-1 上ユニット解析対象機

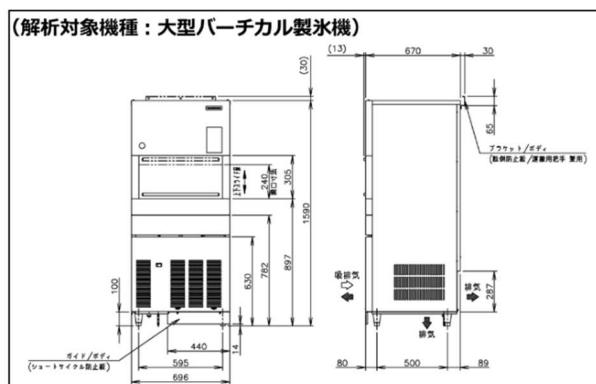


Fig. 4-2-2 下ユニット解析対象機

4.3 廚房機器の扉開閉

冷媒漏えい解析において、庫内に冷媒が漏えいする場合のリスクアセスメントは、扉の急開放を想定した。業務用冷蔵庫では扉が4枚（上部に2枚、下部に2枚）あるが、扉を複数枚同時に開く方が、扉を1枚だけ開く場合よりも着火確率が大きくなるため、扉を1枚だけ開く場合は想定しないこととし、左右の2枚の上扉を同時に開く場合（ケースa）、左右の2枚の下扉を同時に開く場合（ケースb）、4枚の扉が同時に開く場合（ケースc）の3つのケースを想定した。通常、同時に操作できる扉の枚数は2枚までであり、4枚の扉を同時に開くケースcが発生するのは1日に1回の食材搬入のときだけとした。そこで、JIS B 8630に基づき、1日に扉を24回開閉することを想定し、ケースaは11.5回/日、ケースbは11.5回/日、ケースcは1回/日の頻度とし、各ケースの出現頻度の合計が1になるように、ケースaの着火確率×11.5/24+ケースbの着火確率×11.5/24+ケースcの着火確率×1/24として着火確率を求めた。製氷機については、扉は1枚のみとした。

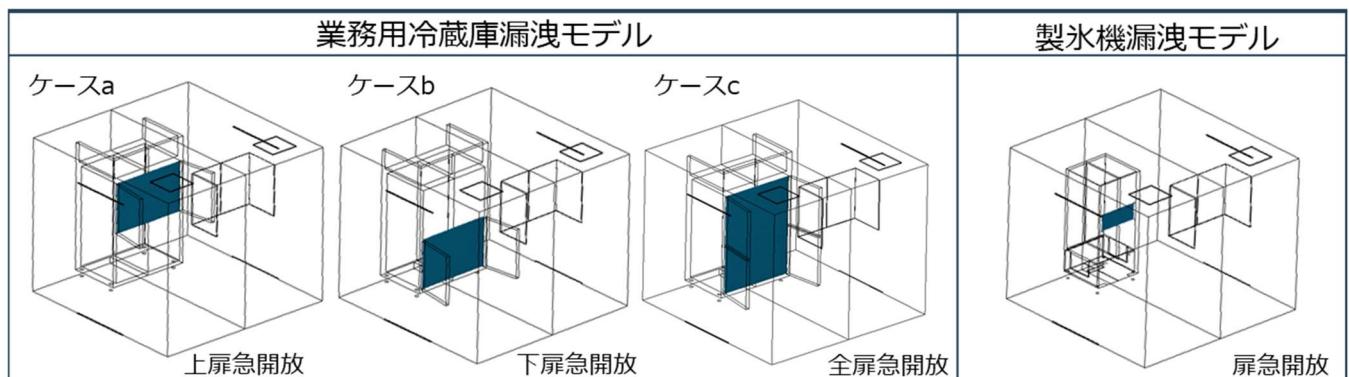


Fig. 4-3-1 庫内漏れ解析に用いた製品群毎の漏洩状態

4.4 庫外漏えいケースについて

付属書B 20頁より、内蔵ショーケースリスクアセスメントWG3の冷媒漏えい解析にて上ユニットから庫外に冷媒が漏えいする場合は可燃域が生成されないことが確認されているため、上ユニット機については庫外漏洩解析を省略した。庫外漏洩解析は、下ユニット機である製氷機にて実施した。冷媒漏洩場所は製品の開口面とし、冷媒漏えい量は150gとした。

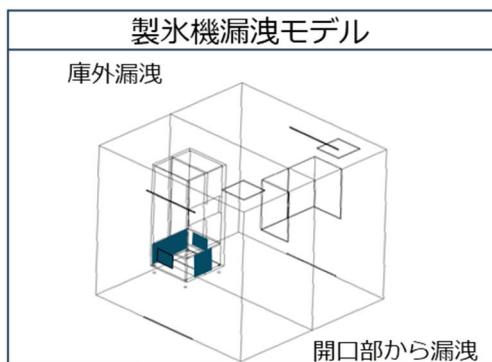
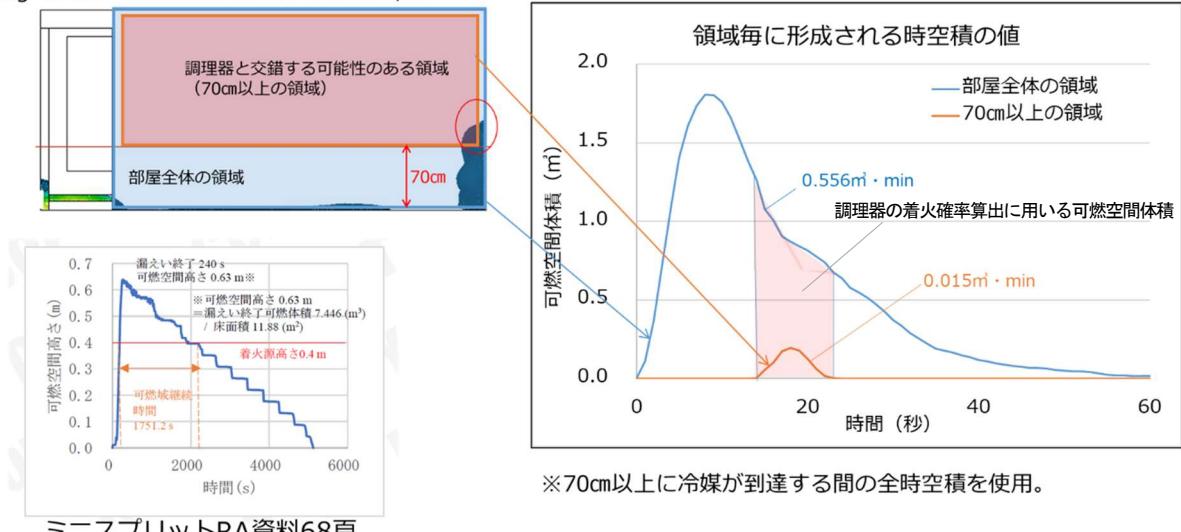


Fig. 4-4-1 庫外漏れ解析に用いた製品の漏洩状態

4-5 着火源と交錯する可燃空間体積について

流動解析において漏洩冷媒量が150gになったことで、部屋の一部に可燃域が形成される状況となり、着火源高さに至る時間が全体の一部となるケースが見られた。Fig. 4-5-1に示すように、部屋全体の可燃空間体積に対し、着火源と交錯する可燃空間体積はごくわずかになる。先行するミニスプリットRAにてこのようなケースの扱いが議論され、安全サイドの解析となるように、着火源と交錯する時間は、実際に交錯する可燃空間域ではなく、部屋全体の可燃空間域を着火確率の対象として考慮する考え方が整理されている。今回もそれを踏襲し、着火源存在領域と可燃空間域が交錯する時間は、交錯する全体の可燃域の一部ではなく、部屋全体の可燃域を用いて着火確率を算出した。

冷媒量150g (24m³・扉急開放枚数2枚・風速0m/s)



ミニスプリットRA資料68頁

Fig. 4-5-1 可燃空間と着火源が一時的に交錯するときの考え方

4-6 製品前面の着火源について

製品全面には製品の動作に必要なスペースのほか、製品を操作するために必要なスペースがあり、この場所に着火源が常設されることはないと考え、Fig. 4-6-1の領域に着火源は存在しないものとして着火確率の算出を行った。

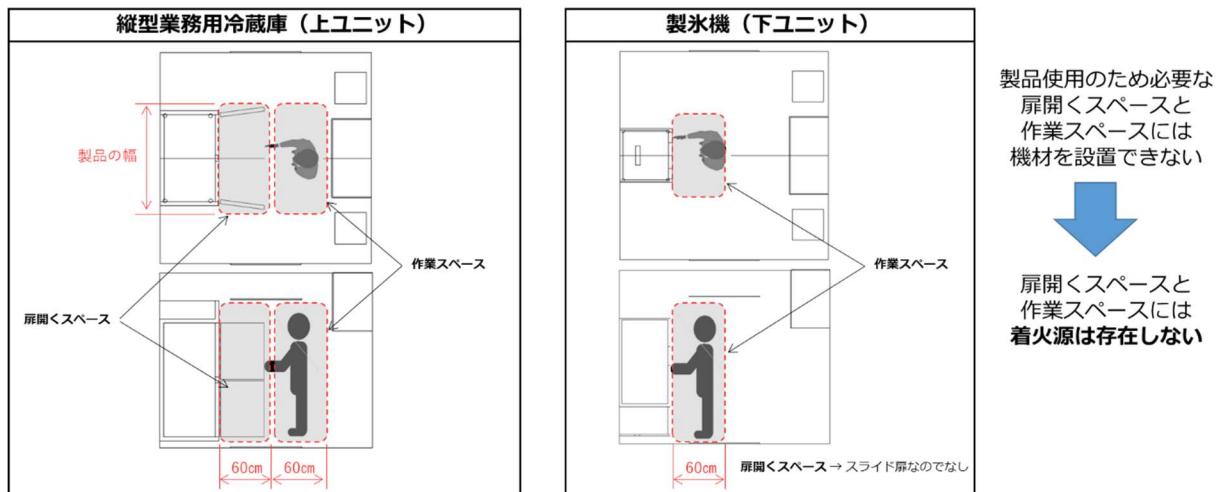


Fig. 4-6-1 製品前面に必要な作業スペース

4-7 着火確率の算出

着火確率の算出は Table 4-7-1 により算出した。

Table 4-7-1 着火確率の算出表

解析対象	製品	営業状態	換気量	漏洩箇所	漏洩量	扉の状態	凝縮器FM	解析No.		着火確率																				
								30m	7m	A=(11.5a+11.5b+c)÷24																				
厨房空間	業務用冷蔵庫 (存在率37%)	営業 (10時間) 閉店 (6時間)	30mの場合 1991m³/h 7mの場合 473m³/h	庫内	140g	ケースa	風速0	①	⑪	a	A=(11.5a+11.5b+c)÷24	X={(A+B)×16+(C+D)×8}÷24	P={(X×37)+(Y×63)}÷100																	
							風速2.5	②	⑫																					
							風速0	③	⑫																					
							風速2.5	④	⑫																					
							風速0	⑤	⑫	b	A=(11.5a+11.5b+c)÷24																			
							風速2.5	⑥	⑫																					
	無人 (8時間)	0m³/h	庫内	140g	閉	風速0	—	—	B																					
						風速2.5	—	—	C													C+D								
						風速0	—	—	D																					
			庫外	150g	—	風速0	—	—	E															E+F						
						風速2.5	—	—	F=f1+f2																					
製氷機	営業 (10時間) 閉店 (6時間)	30mの場合 1991m³/h 7mの場合 473m³/h	庫内	140g	開	風速0	⑦	⑫	G															Y={(E+F)×16+(G+H)×8}÷24						
						風速2.5	⑧	⑫	F=f1+f2																					
						風速0	⑨	⑫	H=h1+h2																					
	無人 (8時間)	0m³/h	庫外	150g	—	風速0	—	—	h1															G+H						
						風速2.5	—	—	h2																					

※下記条件は着火確率が0となるため、解析を省略した。

記号BとDは上ユニットからの漏洩のため、可燃域は形成されない。

記号CとGは無人のため扉は開かれず、庫内漏洩は生じない。

記号f2とh2は凝縮器ファンモーター風量が2.0m/s以上そのため可燃域は形成されない。

4-8 着火源存在確率の見直し

燃焼式暖房機について、以下の通り存在確率の見直しを行った。

①燃焼式暖房機

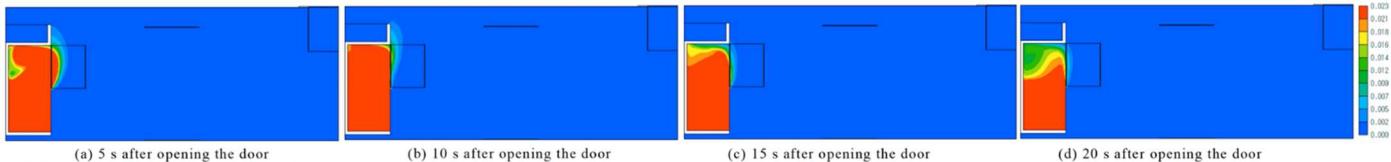
燃焼式暖房機の普及率を0.01%としてk=0.0001、作業時間中は常に使用すると想定。T_s=T_i=16(h)、作動回数n=1として燃焼式暖房機の時間的遭遇確率P_tは以下の式から計算した。

$$P_t = k \left\{ 1 - \left(1 - \frac{T_i + T_v}{T_s} \right)^n \right\}$$

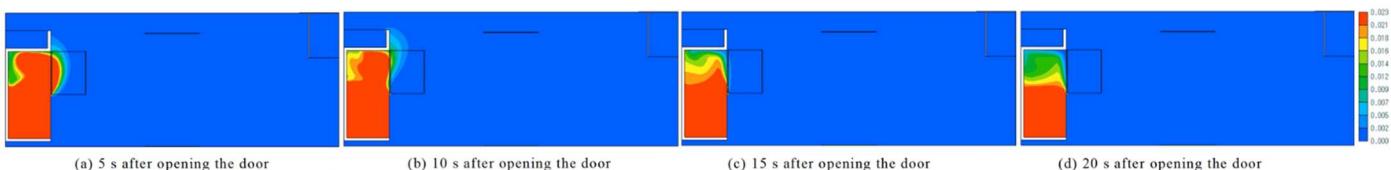
燃焼式暖房機は通年使用ではなく、冬季の気温が低い日に使用される。日本の真冬日の日数は52日であるが、安全を見てその2倍の日数で使用すると仮定し、稼働率を104÷365≈0.29とし、着火確率の算出を行った。

4-9 濃度解析結果

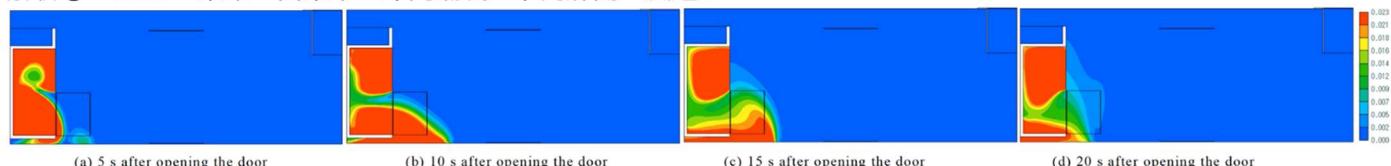
解析① 30m² 業冷 営業中 庫内漏洩 上両扉開 風速0



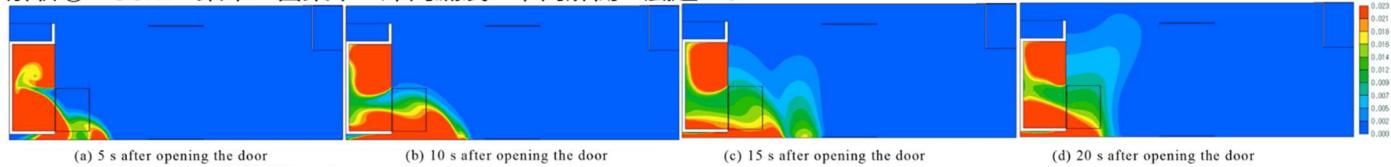
解析② 30m² 業冷 営業中 庫内漏洩 上両扉開 風速2.5



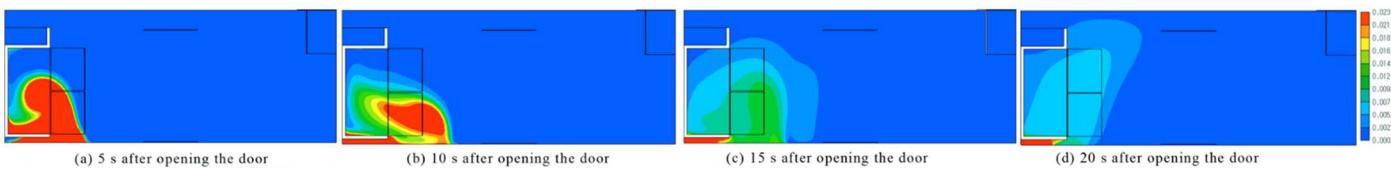
解析③ 30m² 業冷 営業中 庫内漏洩 下両扉開 風速0



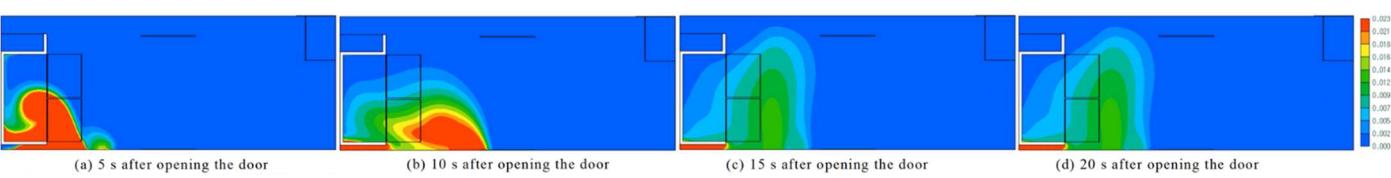
解析④ 30m² 業冷 営業中 庫内漏洩 下両扉開 風速2.5



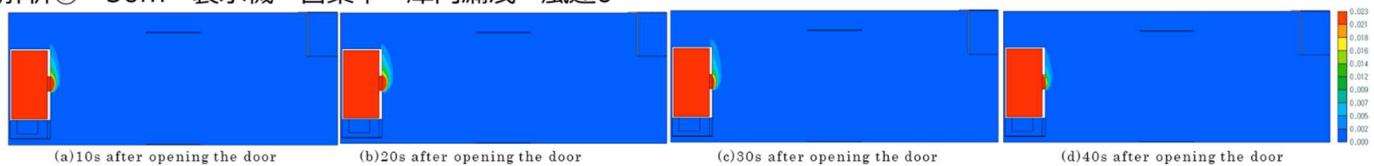
解析⑤ 30m² 業冷 営業中 庫内漏洩 全扉開 風速0



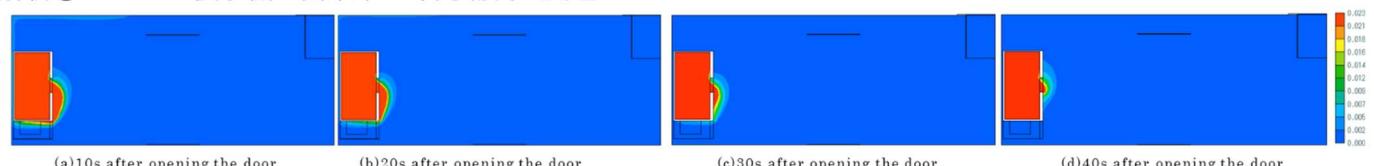
解析⑥ 30m² 業冷 営業中 庫内漏洩 全扉開 風速2.5



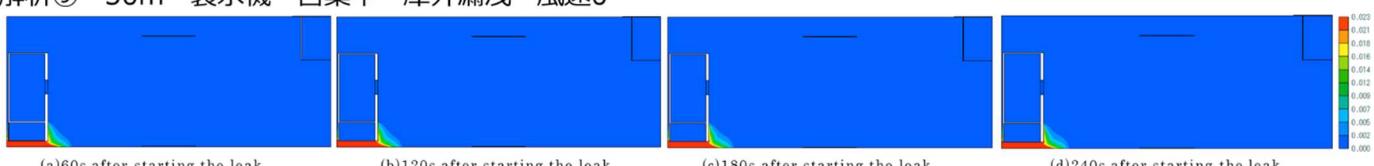
解析⑦ 30m³ 製氷機 営業中 庫内漏洩 風速0



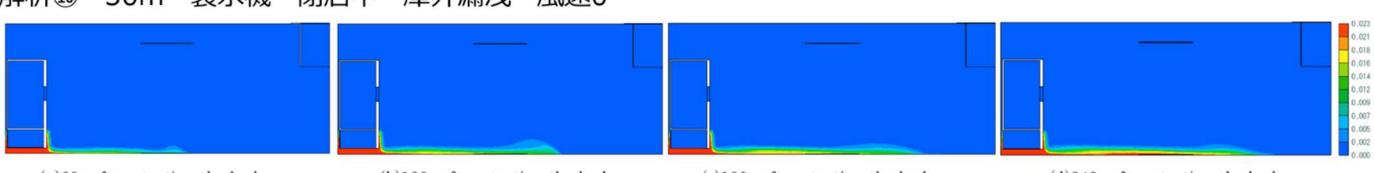
解析⑧ 30m³ 製氷機 営業中 庫内漏洩 風速2.5



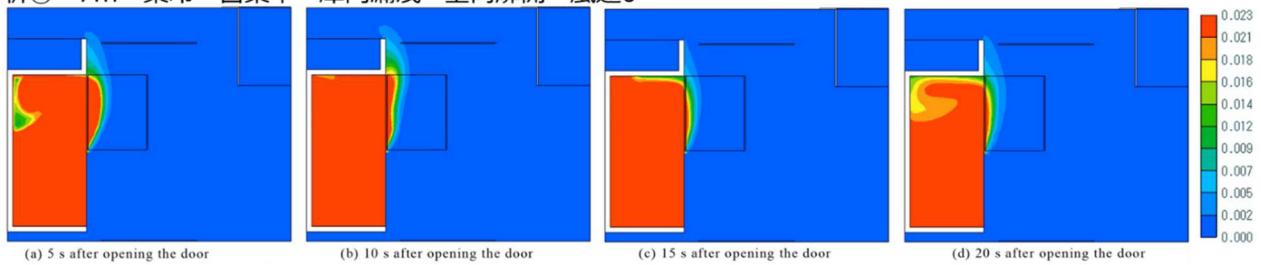
解析⑨ 30m³ 製氷機 営業中 庫外漏洩 風速0



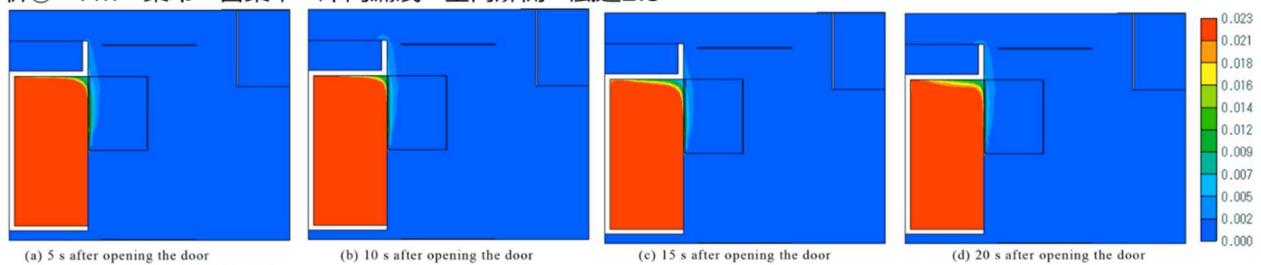
解析⑩ 30m³ 製氷機 閉店中 庫外漏洩 風速0



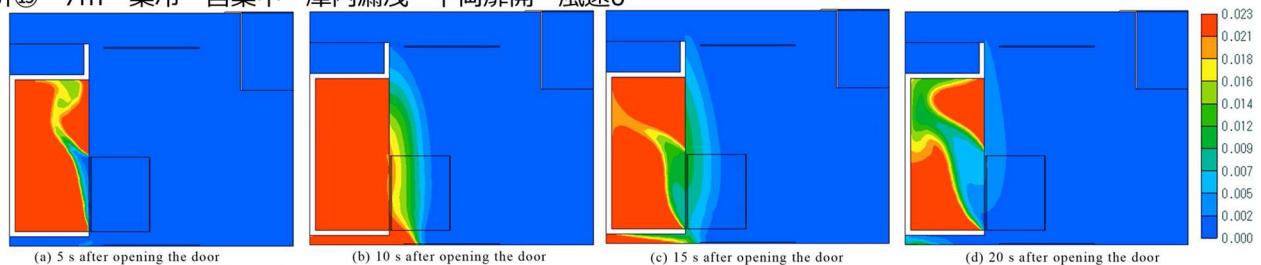
解析⑪ 7m² 業冷 営業中 庫内漏洩 上両扉開 風速0



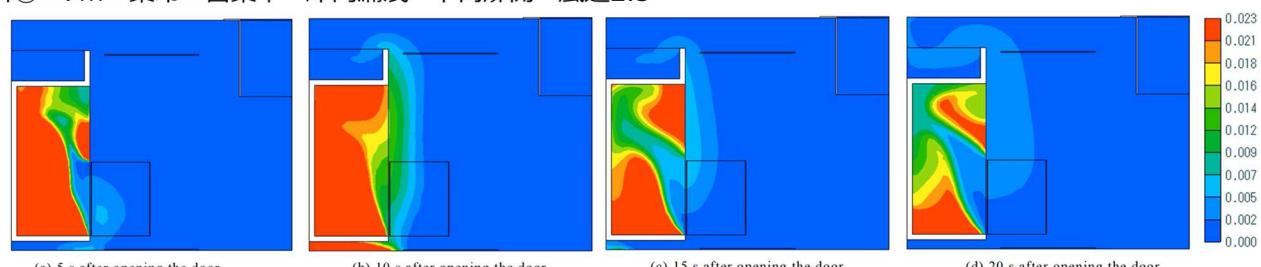
解析⑫ 7m² 業冷 営業中 庫内漏洩 上両扉開 風速2.5



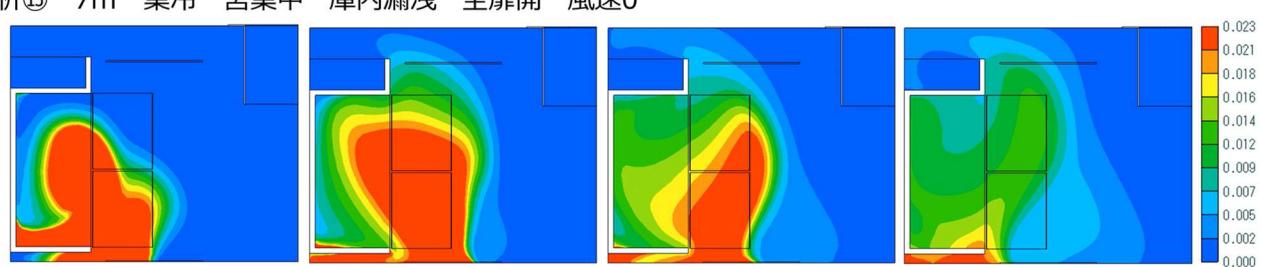
解析⑬ 7m² 業冷 営業中 庫内漏洩 下両扉開 風速0



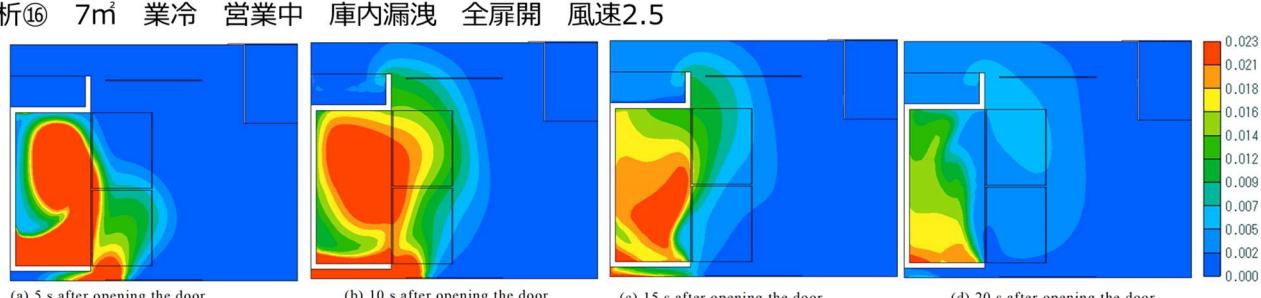
解析⑭ 7m² 業冷 営業中 庫内漏洩 下両扉開 風速2.5



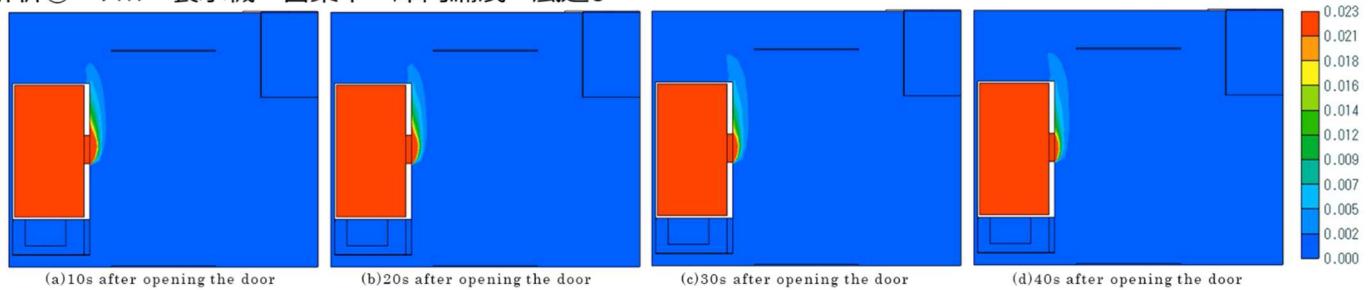
解析⑮ 7m² 業冷 営業中 庫内漏洩 全扉開 風速0



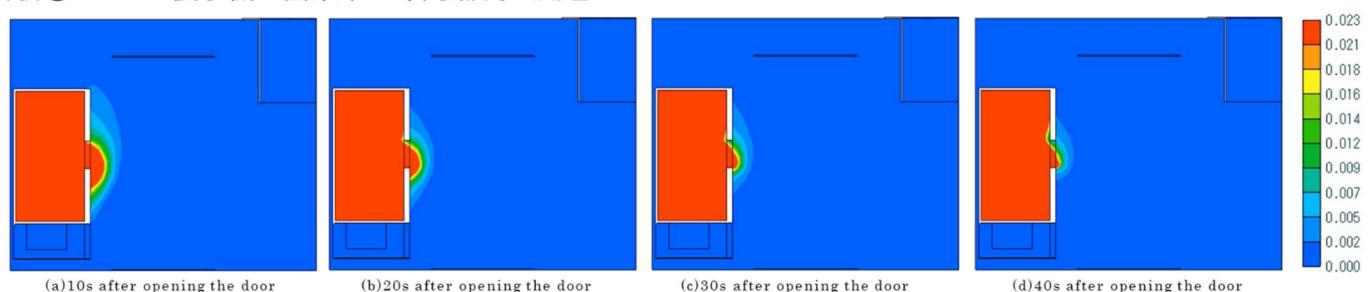
解析⑯ 7m² 業冷 営業中 庫内漏洩 全扉開 風速2.5



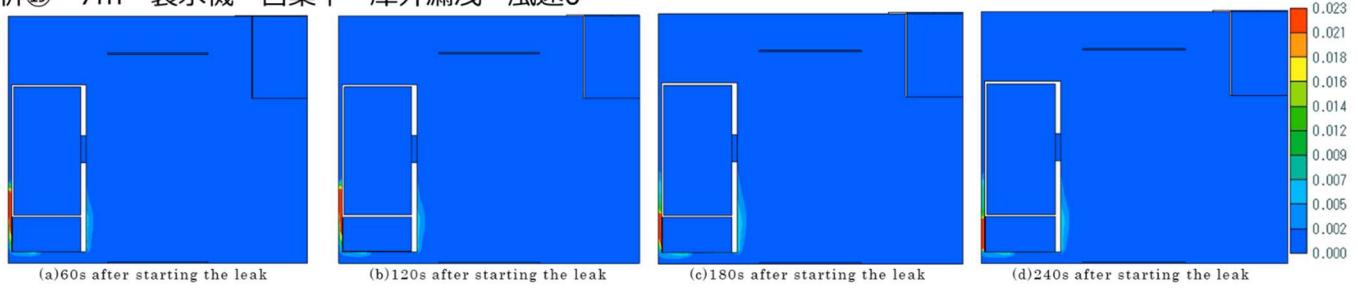
解析⑯ 7m² 製氷機 営業中 庫内漏洩 風速0



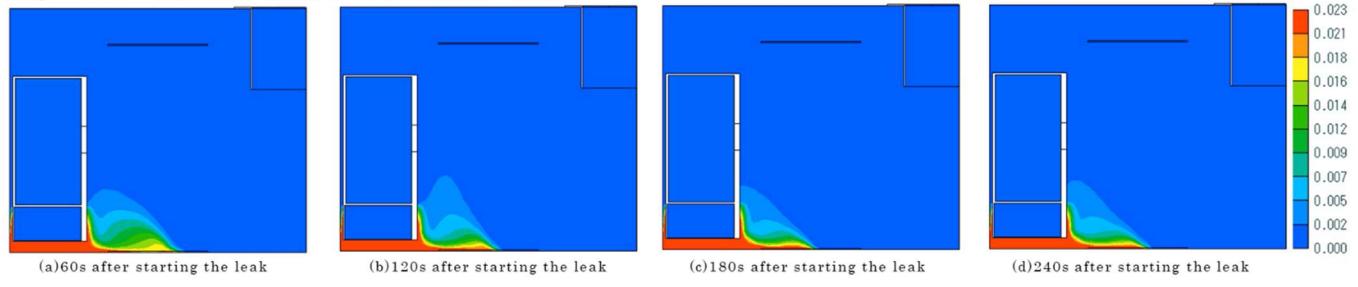
解析⑰ 7m² 製氷機 営業中 庫内漏洩 風速2.5



解析⑯ 7m² 製氷機 営業中 庫外漏洩 風速0

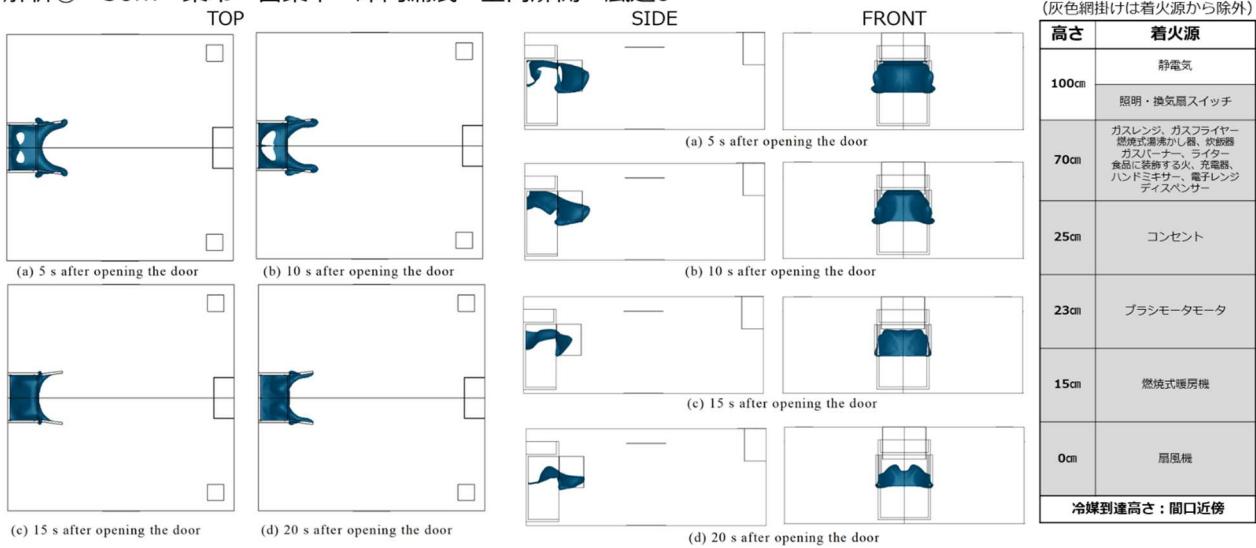


解析⑰ 7m² 製氷機 閉店中 庫外漏洩 風速0

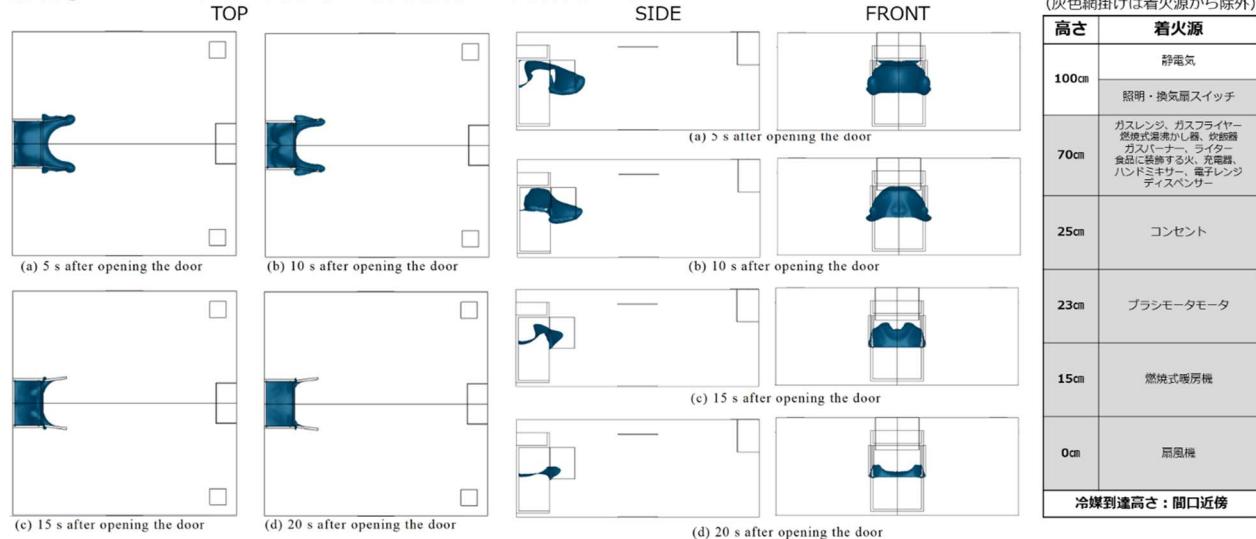


4-10 流動解析結果

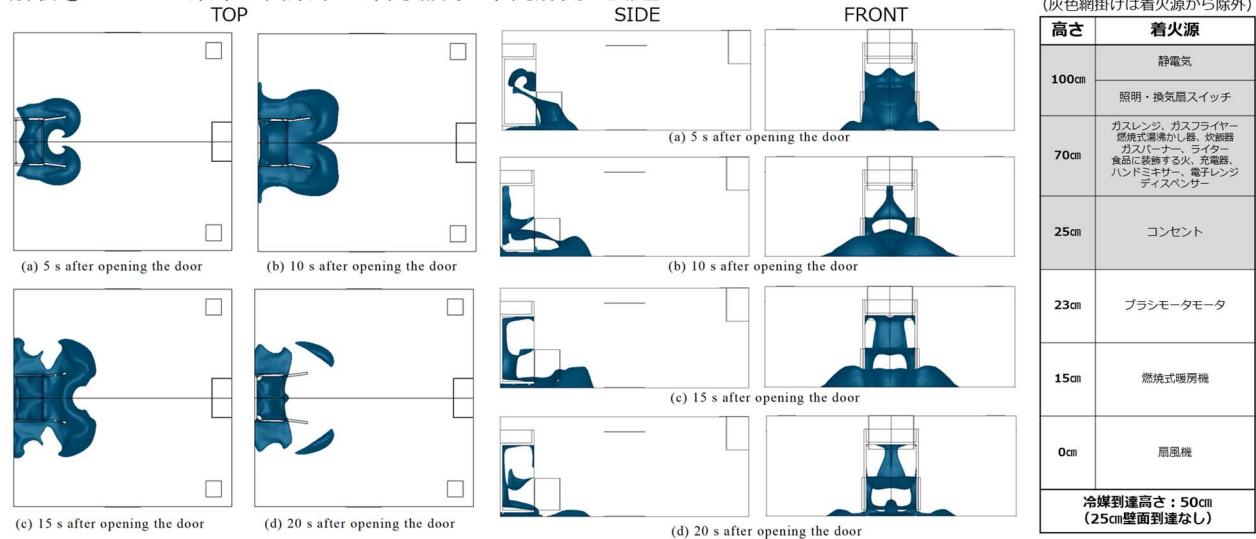
解析① 30m² 業冷 営業中 庫内漏洩 上両扉開 風速0



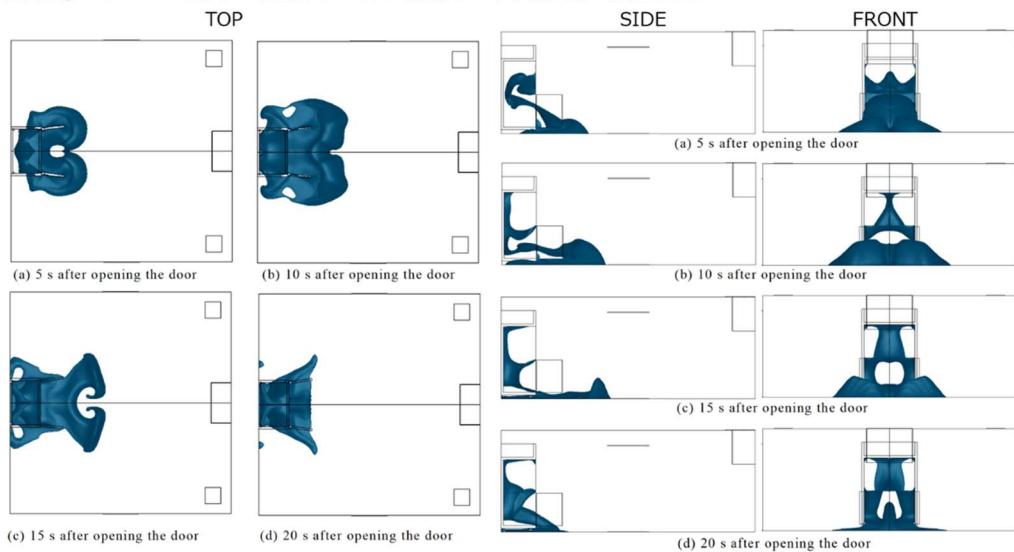
解析② 30m² 業冷 営業中 庫内漏洩 上両扉開 風速2.5



解析③ 30m² 業冷 営業中 庫内漏洩 下両扉開 風速0



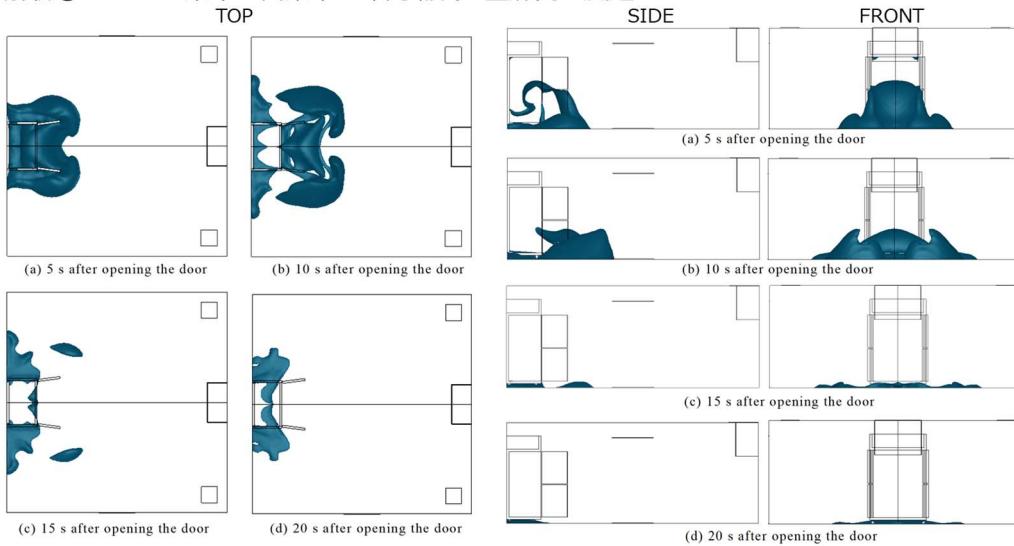
解析④ 30m³ 業冷 営業中 庫内漏洩 下両扉開 風速2.5



(灰色網掛けは着火源から除外)

高さ	着火源
100cm	静電気
70cm	照明・換気扇スイッチ ガスレンジ、ガスフライヤー 燃焼式湯沸かし器、炊飯器 ガスバーナー、ライター 食品に装飾する火、充電器、 ハンドミキサー、電子レンジ ディスペンサー
25cm	コンセント
23cm	ブラシモータモータ
15cm	燃焼式暖房機
0cm	扇風機
冷媒到達高さ : 59cm (25cm壁面到達なし)	

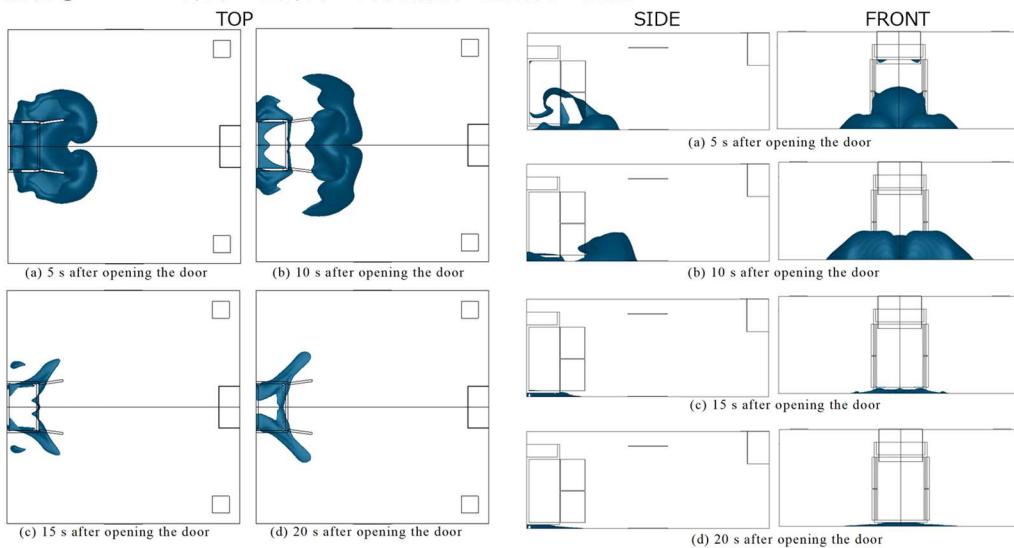
解析⑤ 30m³ 業冷 営業中 庫内漏洩 全扉開 風速0



(灰色網掛けは着火源から除外)

高さ	着火源
100cm	静電気
70cm	照明・換気扇スイッチ ガスレンジ、ガスフライヤー 燃焼式湯沸かし器、炊飯器 ガスバーナー、ライター 食品に装飾する火、充電器、 ハンドミキサー、電子レンジ ディスペンサー
25cm	コンセント
23cm	ブラシモータモータ
15cm	燃焼式暖房機
0cm	扇風機
冷媒到達高さ : 67cm	

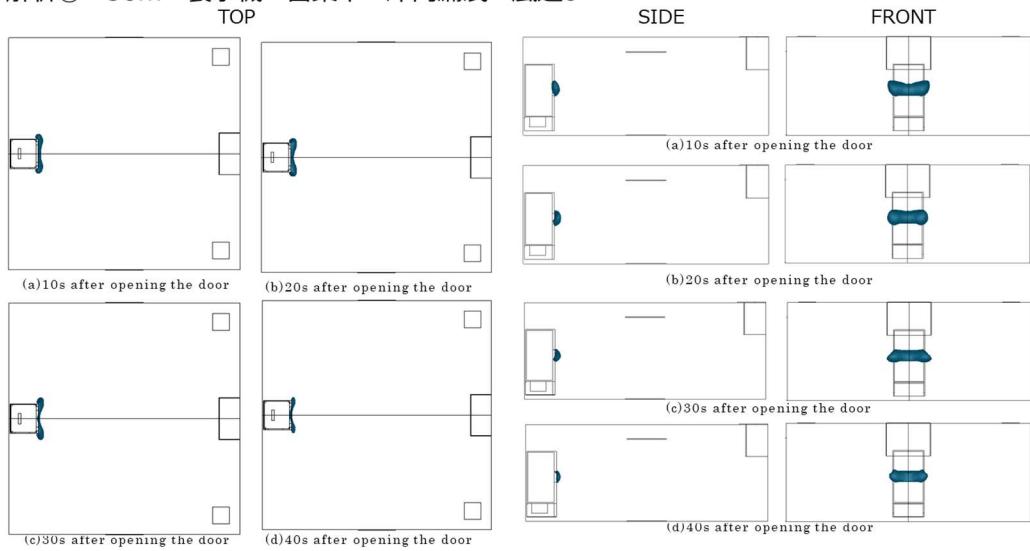
解析⑥ 30m³ 業冷 営業中 庫内漏洩 全扉開 風速2.5



(灰色網掛けは着火源から除外)

高さ	着火源
100cm	静電気
70cm	照明・換気扇スイッチ ガスレンジ、ガスフライヤー 燃焼式湯沸かし器、炊飯器 ガスバーナー、ライター 食品に装飾する火、充電器、 ハンドミキサー、電子レンジ ディスペンサー
25cm	コンセント
23cm	ブラシモータモータ
15cm	燃焼式暖房機
0cm	扇風機
冷媒到達高さ : 66cm (25cm壁面到達なし)	

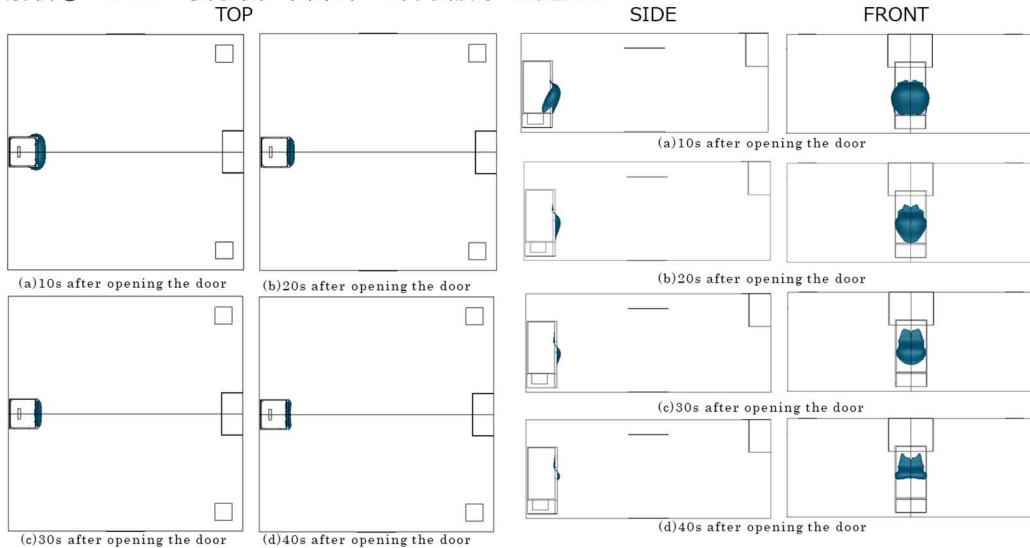
解析⑦ 30m³ 製氷機 営業中 庫内漏洩 風速0



(灰色網掛けは着火源から除外)

高さ	着火源
100cm	静電気
70cm	照明・換気扇スイッチ ガスレンジ、ガスフライヤー 燃焼式湯沸かし器、炊飯器 ガスバーナー、ライター 食品に接触する火、充電器、 ハンドミキサー、電子レンジ ディスペンサー
25cm	コンセント
23cm	ブラシモータモータ
15cm	燃焼式暖房機
0cm	扇風機
冷媒到達高さ：間口近傍	

解析⑧ 30m³ 製氷機 営業中 庫内漏洩 風速2.5



(灰色網掛けは着火源から除外)

高さ	着火源
100cm	静電気
70cm	照明・換気扇スイッチ ガスレンジ、ガスフライヤー 燃焼式湯沸かし器、炊飯器 ガスバーナー、ライター 食品に接触する火、充電器、 ハンドミキサー、電子レンジ ディスペンサー
25cm	コンセント
23cm	ブラシモータモータ
15cm	燃焼式暖房機
0cm	扇風機
冷媒到達高さ：間口近傍	

解析⑨ 30m³ 製氷機 営業中 庫外漏洩 風速0



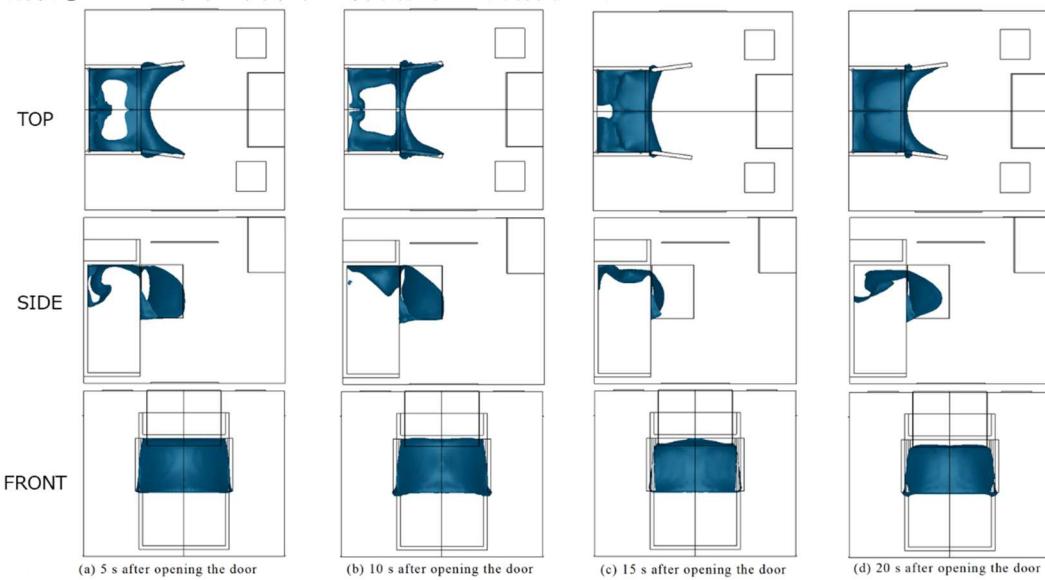
(灰色網掛けは着火源から除外)

高さ	着火源
100cm	静電気
70cm	照明・換気扇スイッチ ガスレンジ、ガスフライヤー 燃焼式湯沸かし器、炊飯器 ガスバーナー、ライター 食品に接触する火、充電器、 ハンドミキサー、電子レンジ ディスペンサー
25cm	コンセント
23cm	ブラシモータモータ
15cm	燃焼式暖房機
0cm	扇風機
冷媒到達高さ：9cm	

解析⑩ 30m³ 製氷機 閉店中 庫外漏洩 風速0



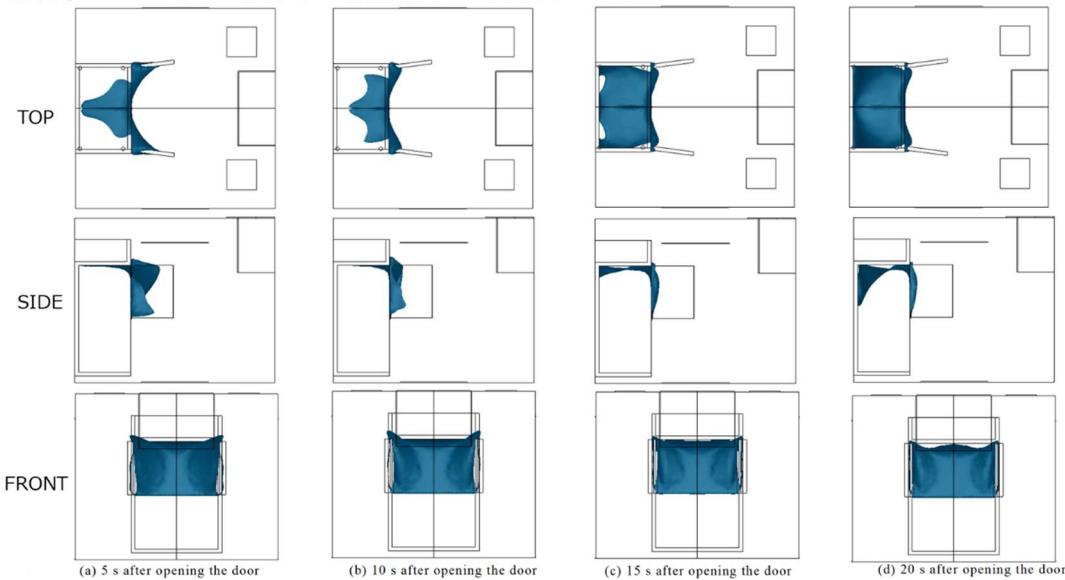
解析⑪ 7m³ 業冷 営業中 庫内漏洩 上両扉開 風速0



(灰色網掛けは着火源から除外)

高さ	着火源
100cm	静電気
100cm	照明・換気扇スイッチ
70cm	ガスレンジ、ガスフライヤー 燃焼式湯沸かし器、炊飯器 ガスストーブ、ラグー 食品に着火する火、充電器、 ハンドミキサー、電子レンジ ディスペンサー
25cm	コンセント
23cm	ブラシモータモータ
15cm	燃焼式暖房機
0cm	扇風機
冷媒到達高さ：間口近傍	

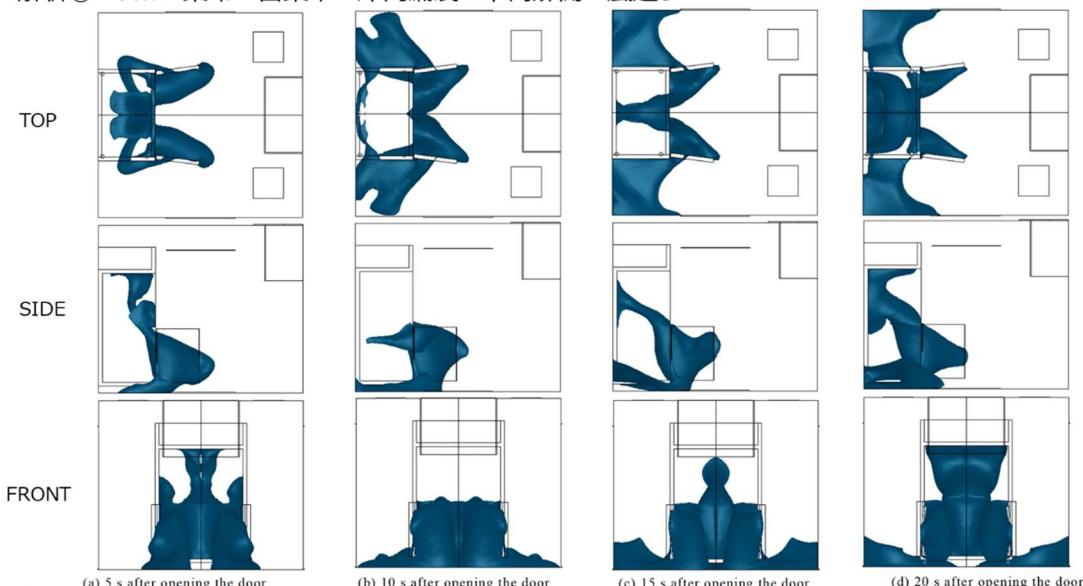
解析⑫ 7m³ 業冷 営業中 庫内漏洩 上両扉開 風速2.5



(灰色網掛けは着火源から除外)

高さ	着火源
100cm	静電気
100cm	照明・換気扇スイッチ
70cm	ガスレンジ、ガスフライヤー 燃焼式湯沸かし器、炊飯器 ガスストーブ、ラグー 食品に着火する火、充電器、 ハンドミキサー、電子レンジ ディスペンサー
25cm	コンセント
23cm	ブラシモータモータ
15cm	燃焼式暖房機
0cm	扇風機
冷媒到達高さ：間口近傍	

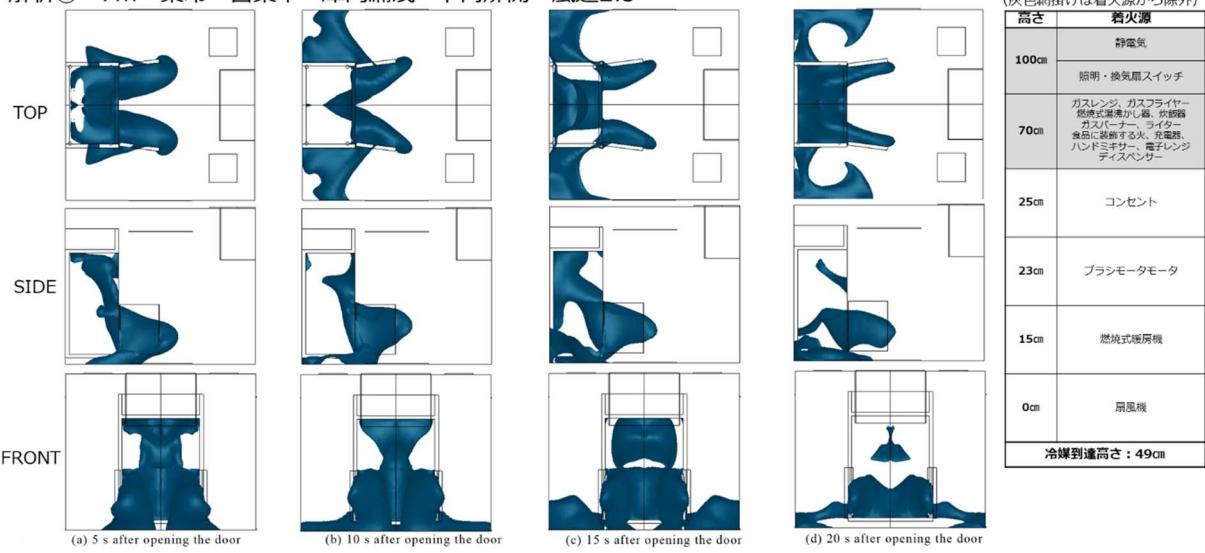
解析⑬ 7m³ 業冷 営業中 庫内漏洩 下両扉開



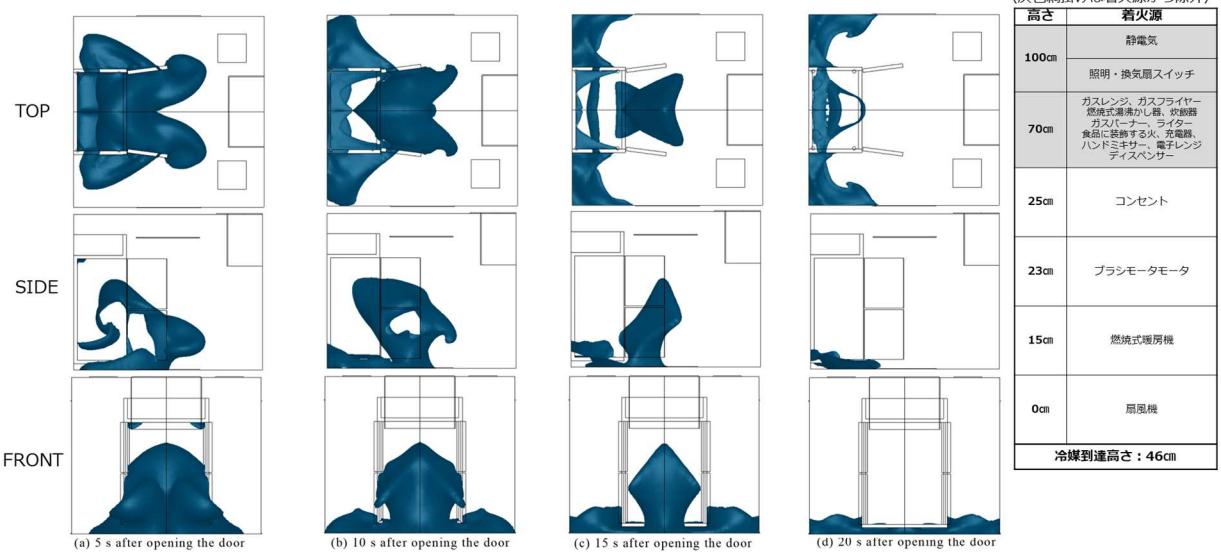
(灰色網掛けは着火源から除外)

高さ	着火源
100cm	静電気
100cm	照明・換気扇スイッチ
70cm	ガスレンジ、ガスフライヤー 燃焼式湯沸かし器、炊飯器 ガスストーブ、ラグー 食品に着火する火、充電器、 ハンドミキサー、電子レンジ ディスペンサー
25cm	コンセント
23cm	ブラシモータモータ
15cm	燃焼式暖房機
0cm	扇風機
冷媒到達高さ：45cm	

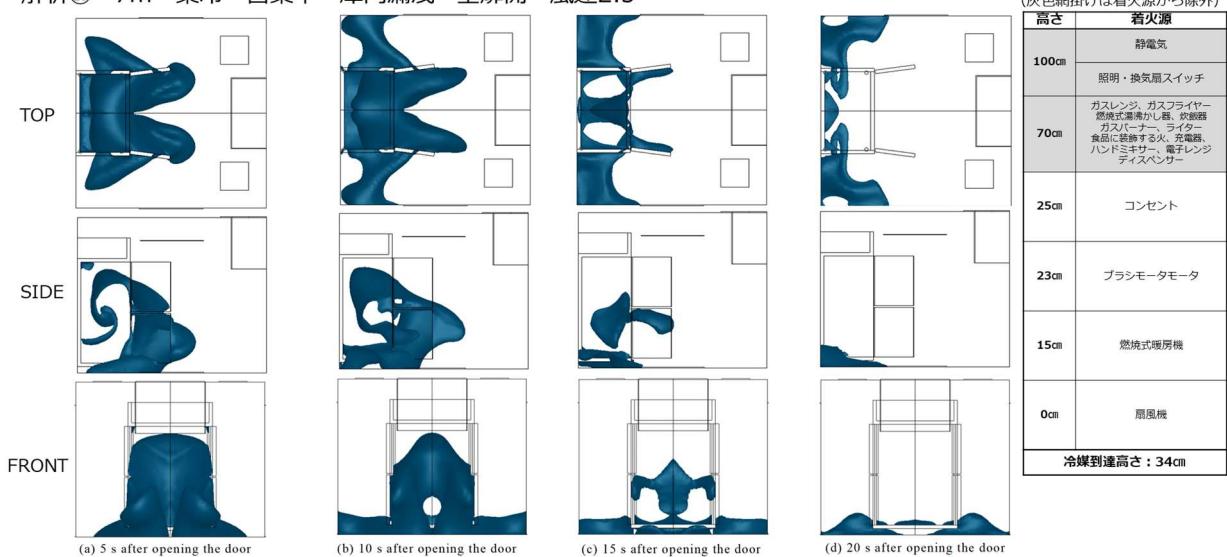
解析⑭ 7m³ 業冷 営業中 庫内漏洩 下雨扉開 風速2.5



解析⑮ 7m³ 業冷 営業中 庫内漏洩 全扉開 風速0



解析⑯ 7m³ 業冷 営業中 庫内漏洩 全扉開 風速2.5



解析⑯ 7m³ 製氷機 営業中 庫内漏洩 風速0



(灰色網掛けは着火源から除外)

高さ	着火源
100cm	静電気
70cm	照明・換気扇・スイッチ ガスレンジ、ガスフライヤー 燃焼式漏洩カバー、燃焼器 ガスバーナー、ライター 食品に装飾する火、充電器、 ハンドミキサー、電子レンジ ディスペンサー
25cm	コンセント
23cm	ブラシモータモータ
15cm	燃焼式暖房機
0cm	扇風機
冷媒到達高さ：開口近傍	

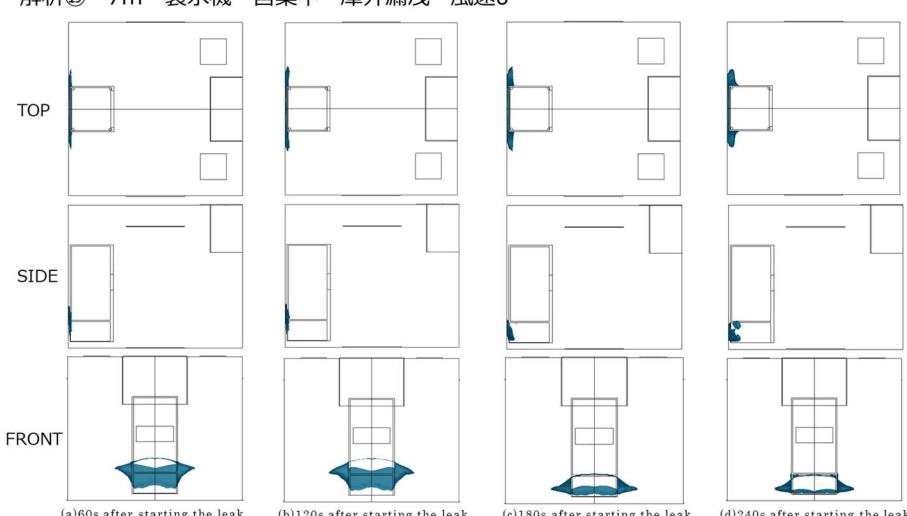
解析⑰ 7m³ 製氷機 営業中 庫内漏洩 風速2.5



(灰色網掛けは着火源から除外)

高さ	着火源
100cm	静電気
70cm	照明・換気扇・スイッチ ガスレンジ、ガスフライヤー 燃焼式漏洩カバー、燃焼器 ガスバーナー、ライター 食品に装飾する火、充電器、 ハンドミキサー、電子レンジ ディスペンサー
25cm	コンセント
23cm	ブラシモータモータ
15cm	燃焼式暖房機
0cm	扇風機
冷媒到達高さ：開口近傍	

解析⑯ 7m³ 製氷機 営業中 庫外漏洩 風速0



(灰色網掛けは着火源から除外)

高さ	着火源
100cm	静電気
70cm	照明・換気扇・スイッチ ガスレンジ、ガスフライヤー 燃焼式漏洩カバー、燃焼器 ガスバーナー、ライター 食品に装飾する火、充電器、 ハンドミキサー、電子レンジ ディスペンサー
25cm	コンセント
23cm	ブラシモータモータ
15cm	燃焼式暖房機
0cm	扇風機
冷媒到達高さ：61cm	

解析② 7m² 製氷機 閉店中 庫外漏洩 風速0



(灰色網掛けは着火源から除外)	
高さ	着火源
100cm	静電気
70cm	照明・換気扇スイッチ ガスレンジ、ガスフライヤー 燃焼式湯沸かし器、炊飯器 ガスバーナー、ライター 食品に接触する火、充電器、 ハンドミキサー、電子レンジ ディスペンサー
25cm	コンセント
23cm	ブラシモータモータ
15cm	燃焼式暖房機
0cm	扇風機 (閉店中なので稼働しない)
冷媒到達高さ : 9cm	

4-11 解析より算出された値

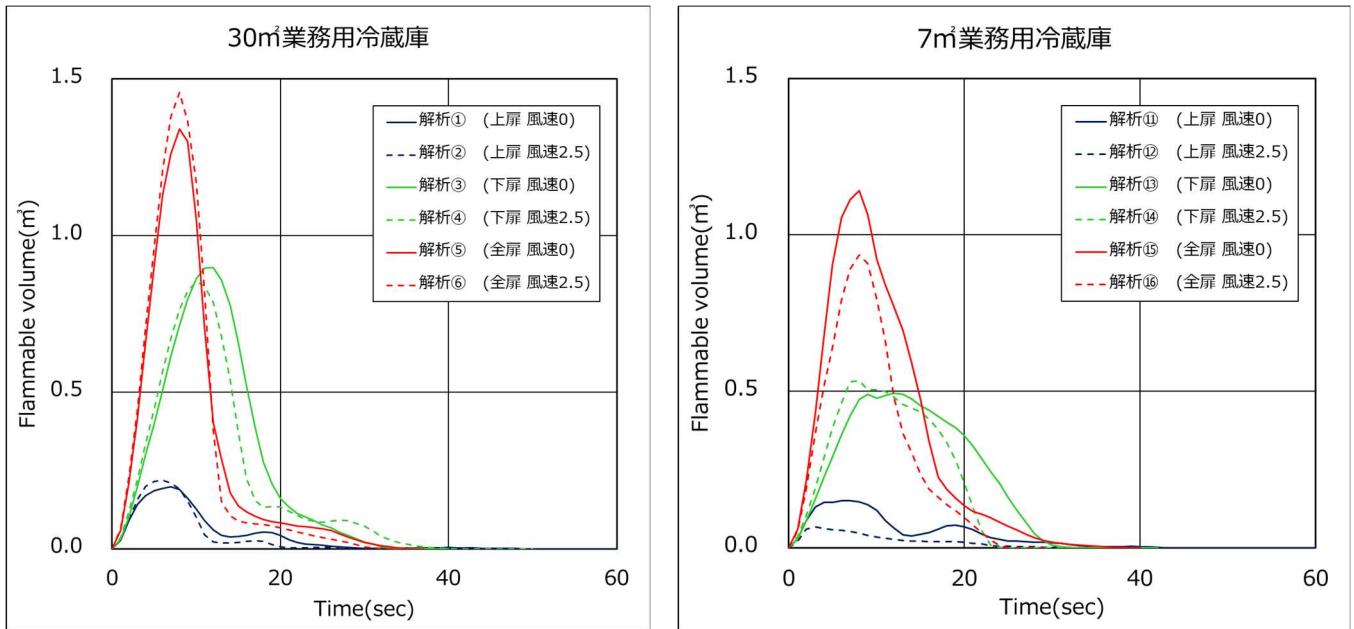


Fig. 4-11-1 業務用冷蔵庫の可燃空間体積

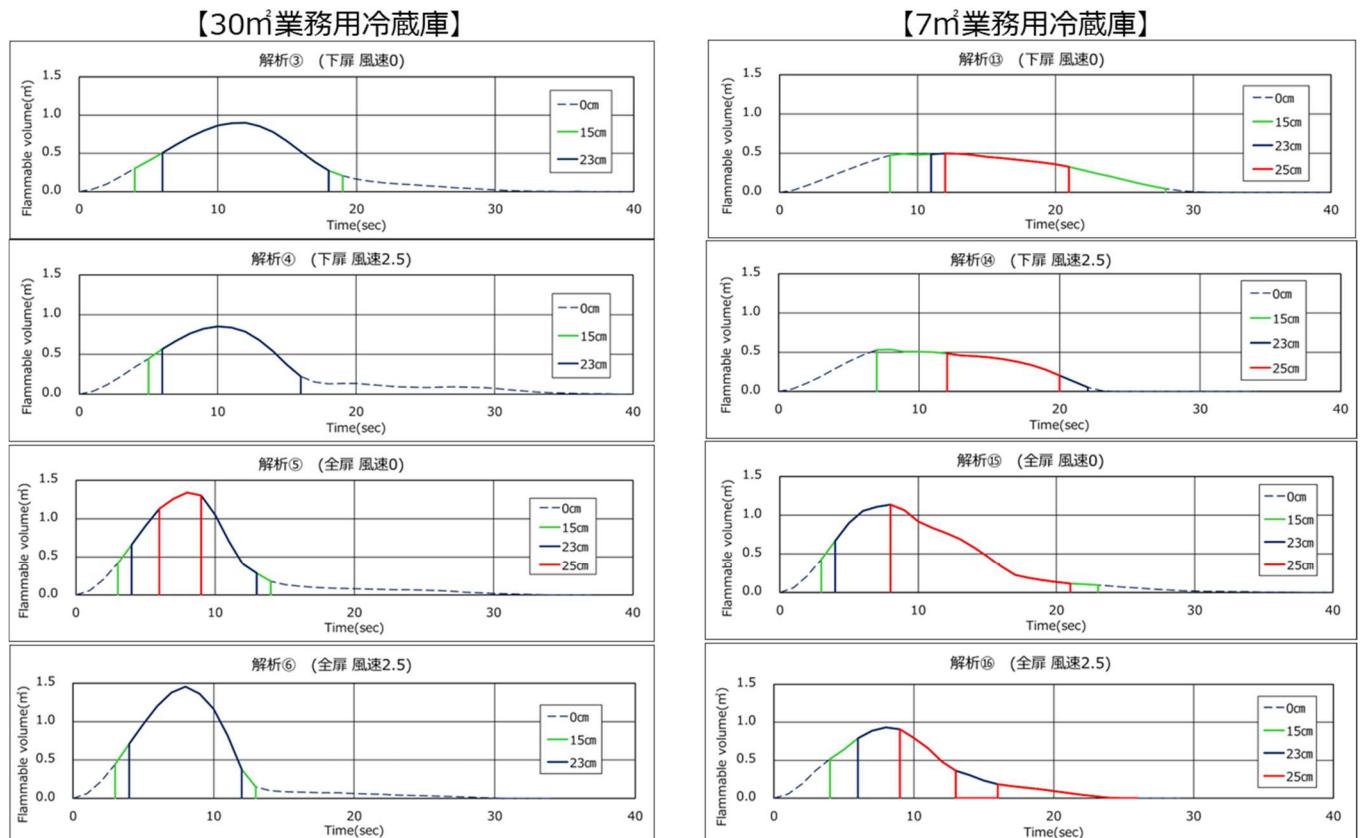


Fig. 4-11-2 一時的に着火源と交錯する場合の可燃空間体積

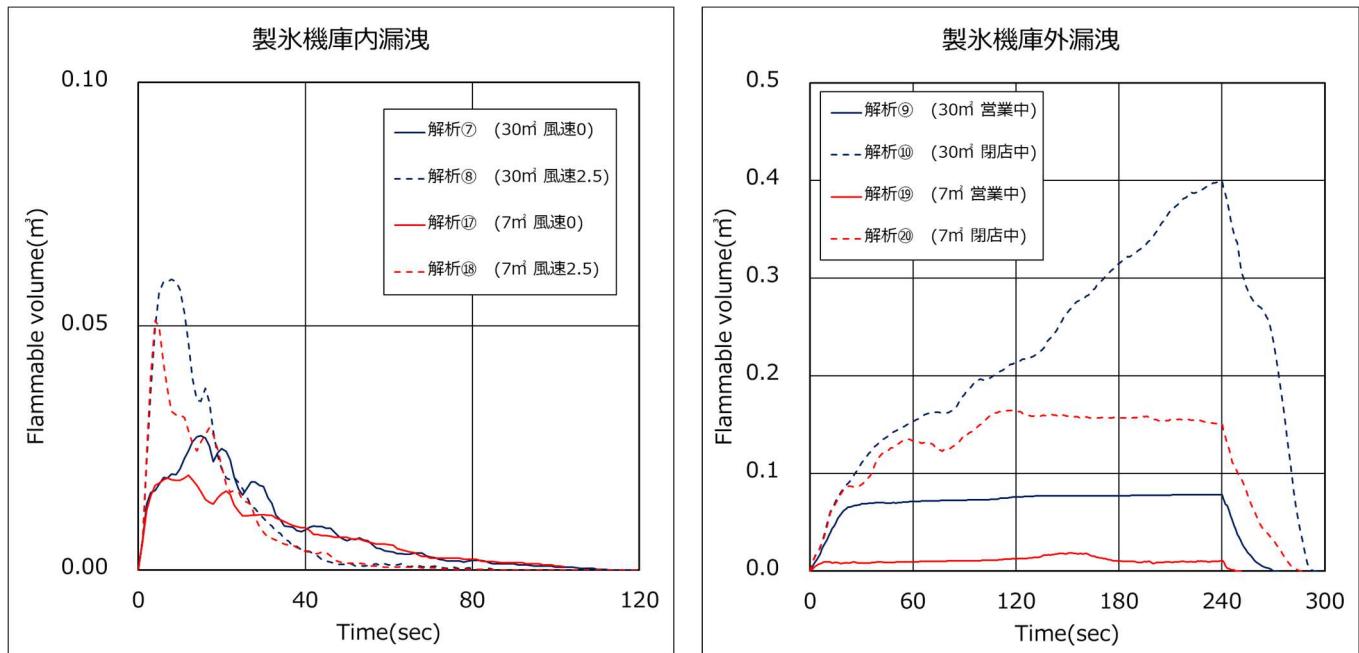


Table 4-11-1 30 m²厨房の時空積・可燃域継続時間・平均可燃空間体積

着火源高さ	部屋の広さ		30m ²							
	製品名		業務用冷蔵庫				製氷機			
	漏洩位置		庫内				庫内		庫外	
	営業状況		営業中				営業中		営業中	閉店中
	扉開閉位置		上扉		下扉		全扉		—	—
	凝縮器FM風速	m/s	0	2.5	0	2.5	0	2.5	0	0
	最高到達点	cm	間口近傍	間口近傍	50	59	67	66	間口近傍	間口近傍
	解析No.		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
	可燃域継続時間	min	—	—	0.617	0.700	0.583	0.533	—	—
	時空積	m ³ ・min	—	—	0.182	0.165	0.185	0.187	—	—
0cm	平均可燃空間体積	m ³	—	—	0.295	0.236	0.317	0.352	—	—
	可燃域継続時間	min	—	—	0.267	0.200	0.200	0.183	—	—
	時空積	m ³ ・min	—	—	0.161	0.126	0.161	0.167	—	—
15cm	平均可燃空間体積	m ³	—	—	0.604	0.630	0.804	0.914	—	—
	可燃域継続時間	min	—	—	0.217	0.183	0.167	0.150	—	—
	時空積	m ³ ・min	—	—	0.146	0.119	0.151	0.158	—	—
23cm	平均可燃空間体積	m ³	—	—	0.674	0.647	0.905	1.050	—	—
	可燃域継続時間	min	—	—	—	—	0.050	—	—	—
	時空積	m ³ ・min	—	—	—	—	0.084	—	—	—
25cm	平均可燃空間体積	m ³	—	—	—	—	1.677	—	—	—
	可燃域継続時間	min	—	—	—	—	—	—	—	—
	時空積	m ³ ・min	—	—	—	—	—	—	—	—
70cm	平均可燃空間体積	m ³	—	—	—	—	—	—	—	—
	可燃域継続時間	min	—	—	—	—	—	—	—	—
	時空積	m ³ ・min	—	—	—	—	—	—	—	—
100cm (間口近傍)	平均可燃空間体積	m ³	—	—	—	—	—	—	—	—
	可燃域継続時間	min	1.283	0.900	—	—	—	—	1.867	1.417
	時空積	m ³ ・min	0.036	0.030	—	—	—	—	0.015	0.018
	平均可燃空間体積	m ³	0.028	0.034	—	—	—	—	0.008	0.013

Table 4-11-2 7 m²厨房の時空積・可燃域継続時間・平均可燃空間体積

着火源高さ	部屋の広さ		7m ²							
	製品名		業務用冷蔵庫				製氷機			
	漏洩位置		庫内				庫内		庫外	
	営業状況		営業中				営業中		営業中	閉店中
	扉開閉位置		上扉		下扉		全扉		—	—
	凝縮器FM風速	m/s	0	2.5	0	2.5	0	2.5	0	0
	最高到達点	cm	間口近傍	間口近傍	45	49	46	34	間口近傍	間口近傍
	解析No.		⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑲
0cm	可燃域継続時間	min	—	—	0.600	0.483	0.650	0.417	—	—
	時空積	m ³ ・min	—	—	0.149	0.128	0.211	0.150	—	—
	平均可燃空間体積	m ³	—	—	0.248	0.264	0.325	0.359	—	—
15cm	可燃域継続時間	min	—	—	0.350	0.267	0.350	0.367	—	—
	時空積	m ³ ・min	—	—	0.122	0.103	0.201	0.140	—	—
	平均可燃空間体積	m ³	—	—	0.348	0.387	0.573	0.381	—	—
23cm	可燃域継続時間	min	—	—	0.183	0.183	0.300	0.333	—	—
	時空積	m ³ ・min	—	—	0.079	0.060	0.190	0.120	—	—
	平均可燃空間体積	m ³	—	—	0.430	0.328	0.633	0.361	—	—
25cm	可燃域継続時間	min	—	—	0.167	0.150	0.233	0.250	—	—
	時空積	m ³ ・min	—	—	0.071	0.057	0.128	0.068	—	—
	平均可燃空間体積	m ³	—	—	0.424	0.381	0.547	0.271	—	—
70cm	可燃域継続時間	min	—	—	—	—	—	—	—	—
	時空積	m ³ ・min	—	—	—	—	—	—	—	—
	平均可燃空間体積	m ³	—	—	—	—	—	—	—	—
100cm (間口近傍)	可燃域継続時間	min	0.917	0.617	—	—	—	—	1.500	2.183
	時空積	m ³ ・min	0.036	0.013	—	—	—	—	0.013	0.014
	平均可燃空間体積	m ³	0.040	0.021	—	—	—	—	0.008	0.006

4.12 FTA と着火確率

1) FTA

FTA を Fig. 4-12-1~Fig. 4-12-84 に示す。

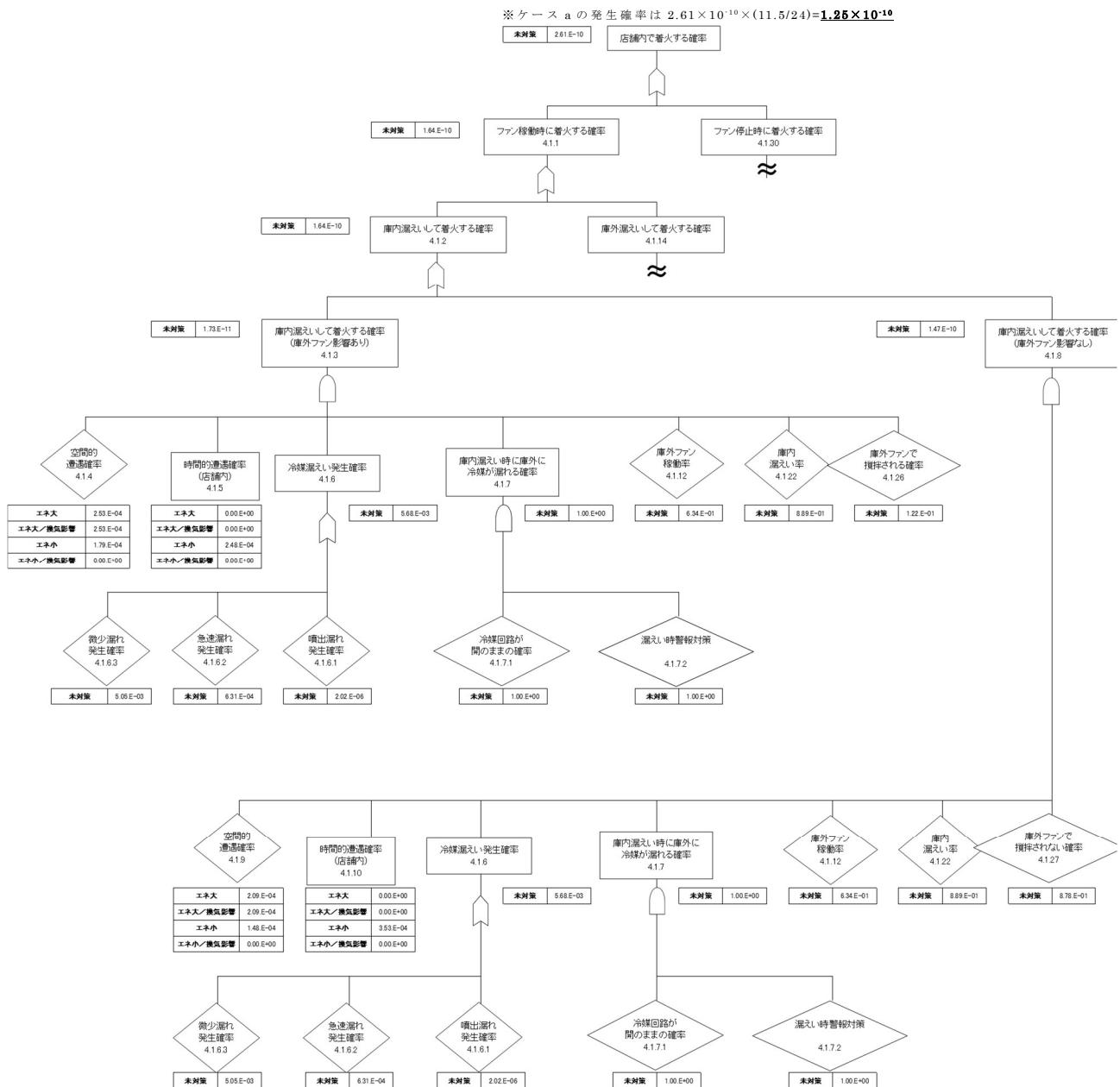


Fig. 4-12-1 ファン稼働中の庫内漏えい時の FTA (解析①, ②)

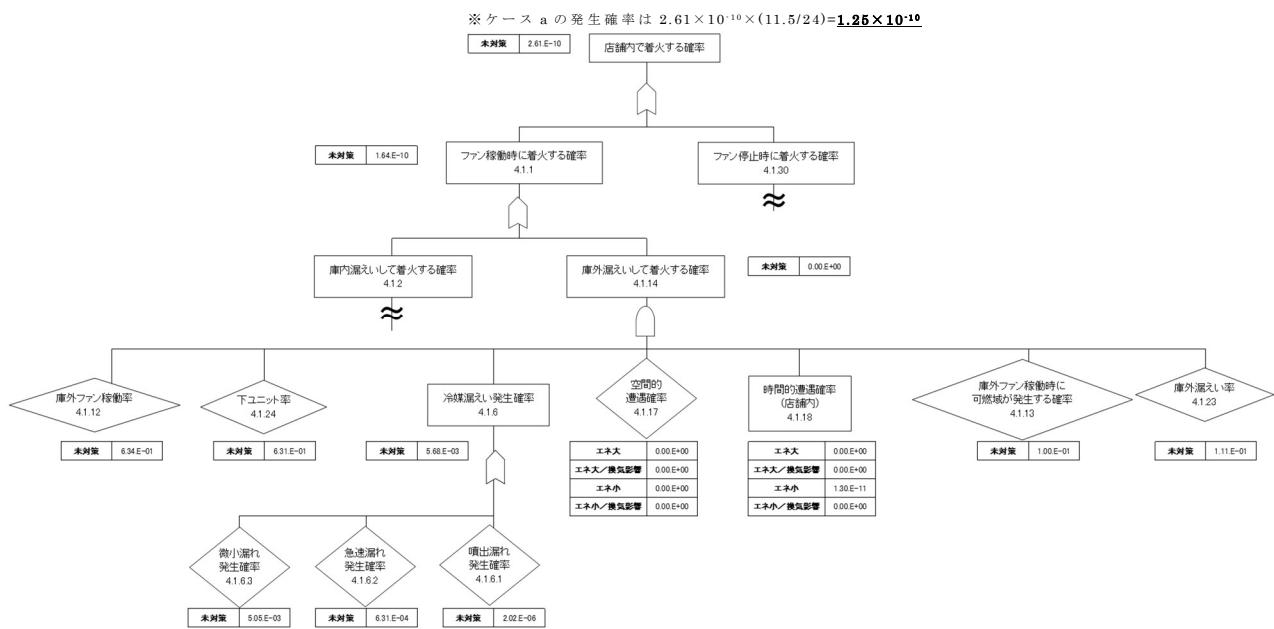


Fig. 4-12-2 ファン稼働中の庫外漏えい時の FTA (解析①, ②)

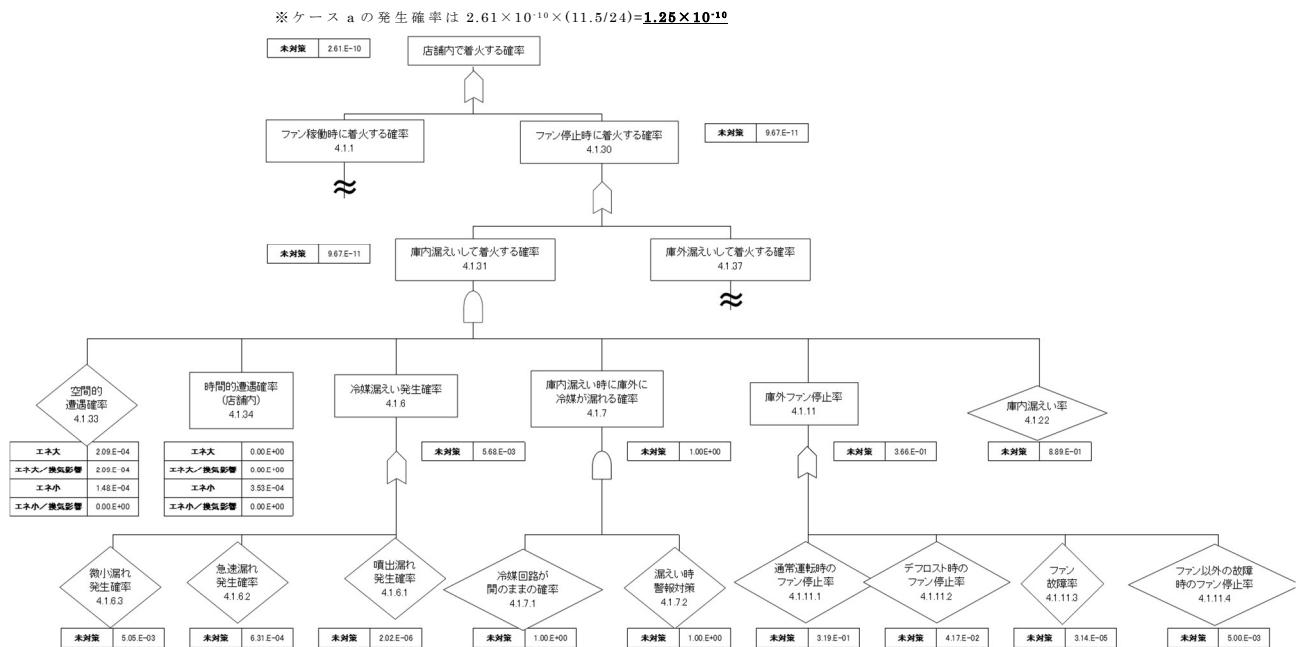


Fig. 4-12-3 ファン停止中の庫内漏えい時の FTA (解析①, ②)

※ ケース a の発生確率は $2.61 \times 10^{-10} \times (11.5/24) = 1.25 \times 10^{-10}$

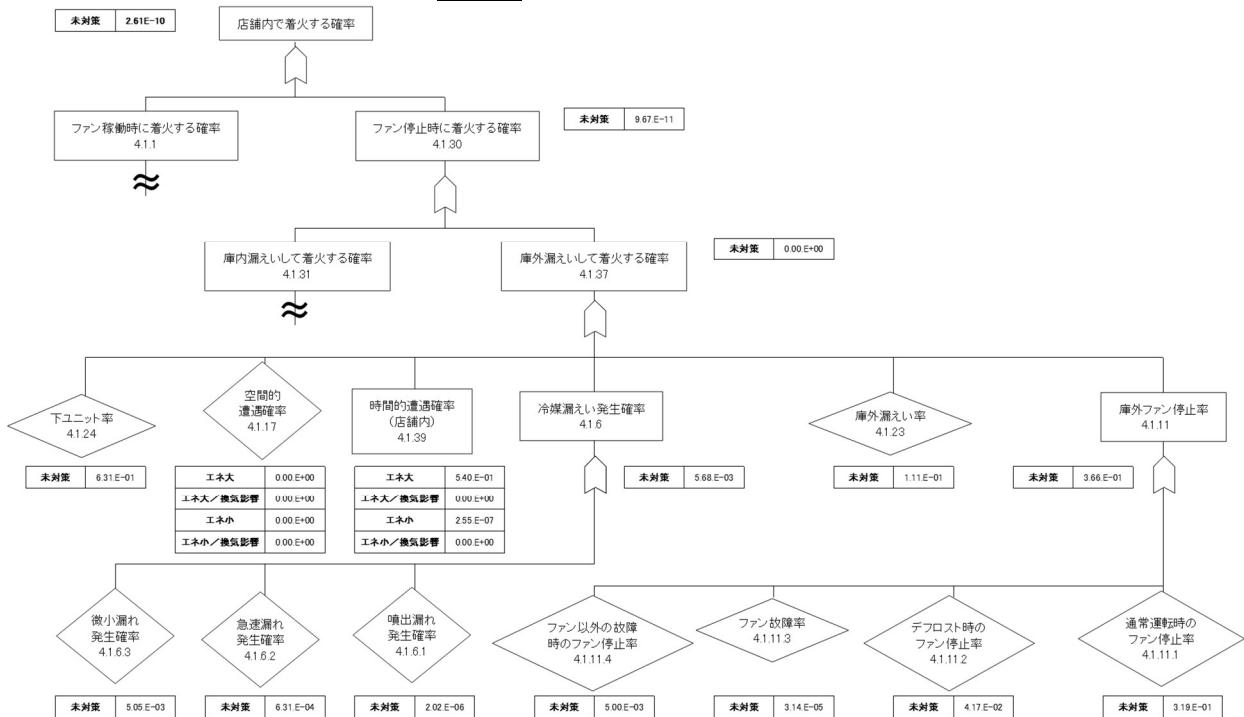


Fig. 4-12-4 ファン停止中の庫外漏えい時の FTA (解析①, ②)

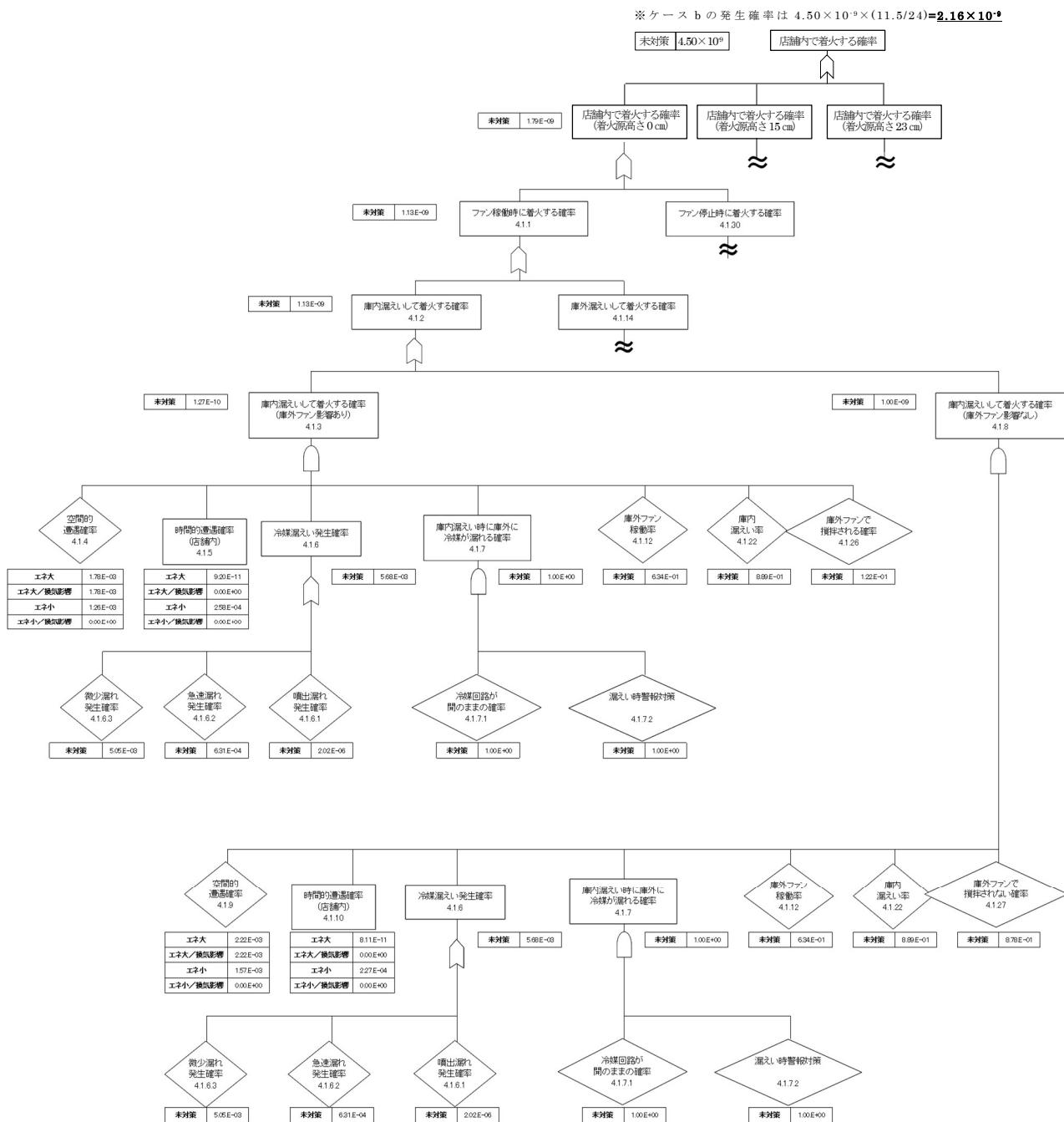


Fig. 4-12-5 ファン稼働中の庫内漏えい時のFTA (解析③, ④ 0 cm)

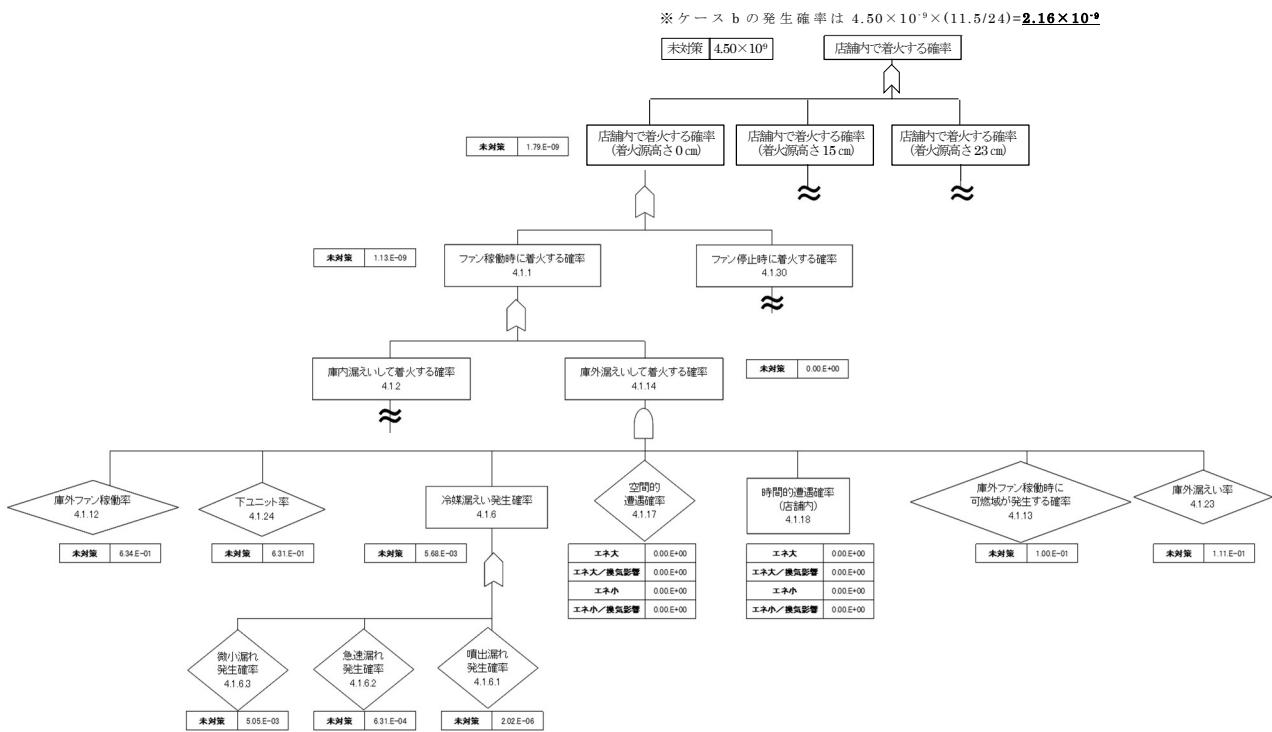


Fig. 4-12-6 ファン稼働中の庫外漏えい時の FTA (解析③, ④ 0 cm)

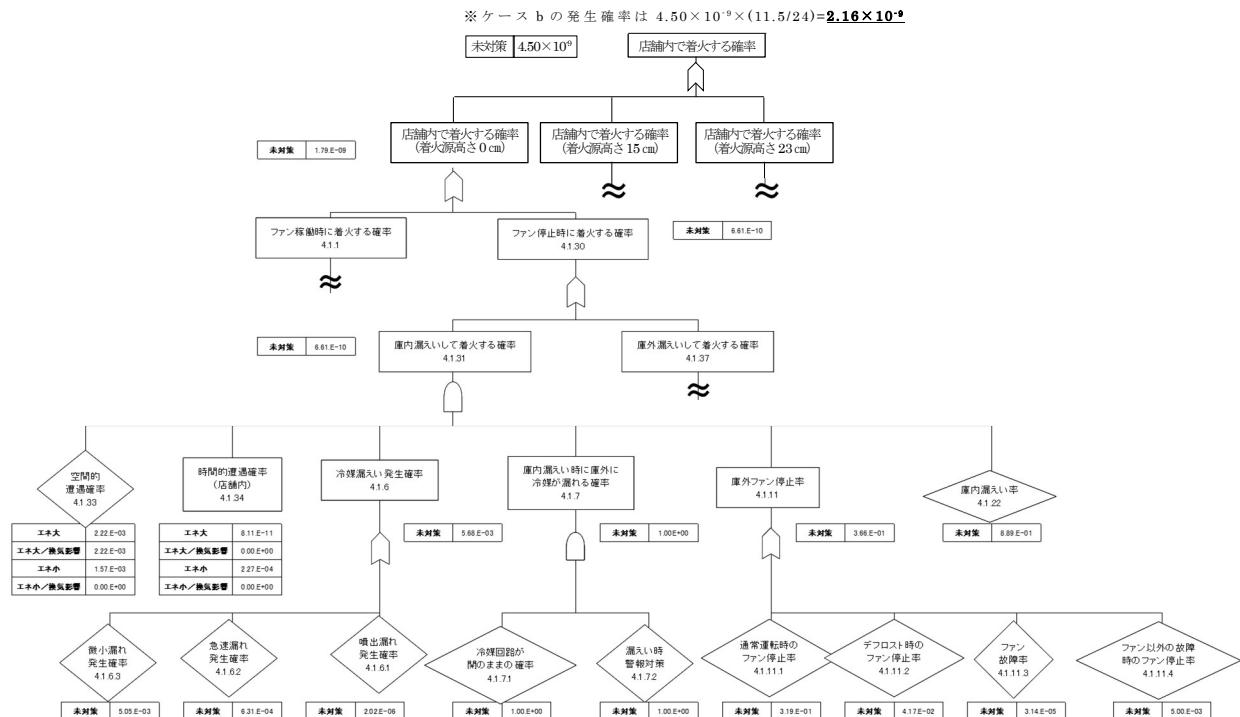


Fig. 4-12-7 ファン停止中の庫内漏えい時の FTA (解析③, ④ 0 cm)

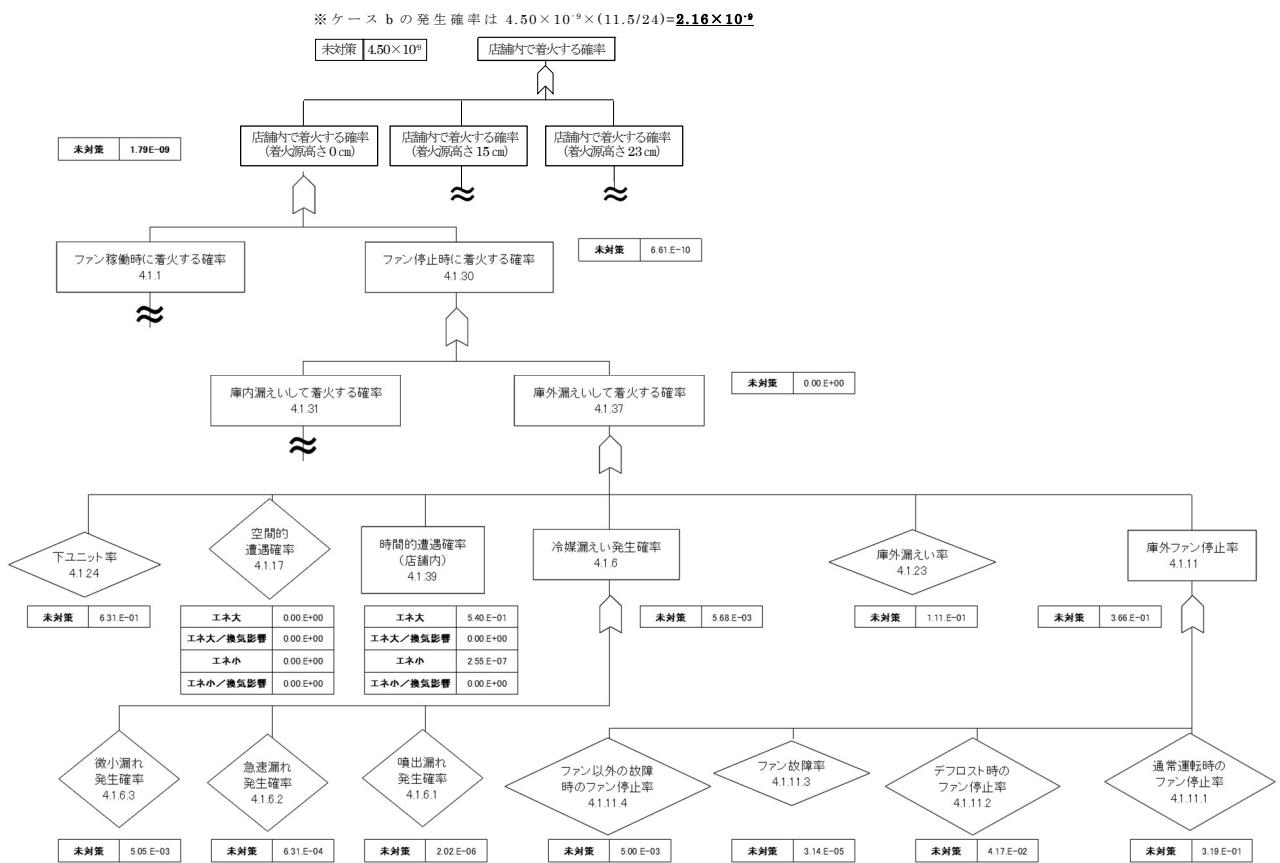


Fig. 4-12-8 ファン停止中の庫外漏えい時のFTA（解析③, ④ 0 cm）

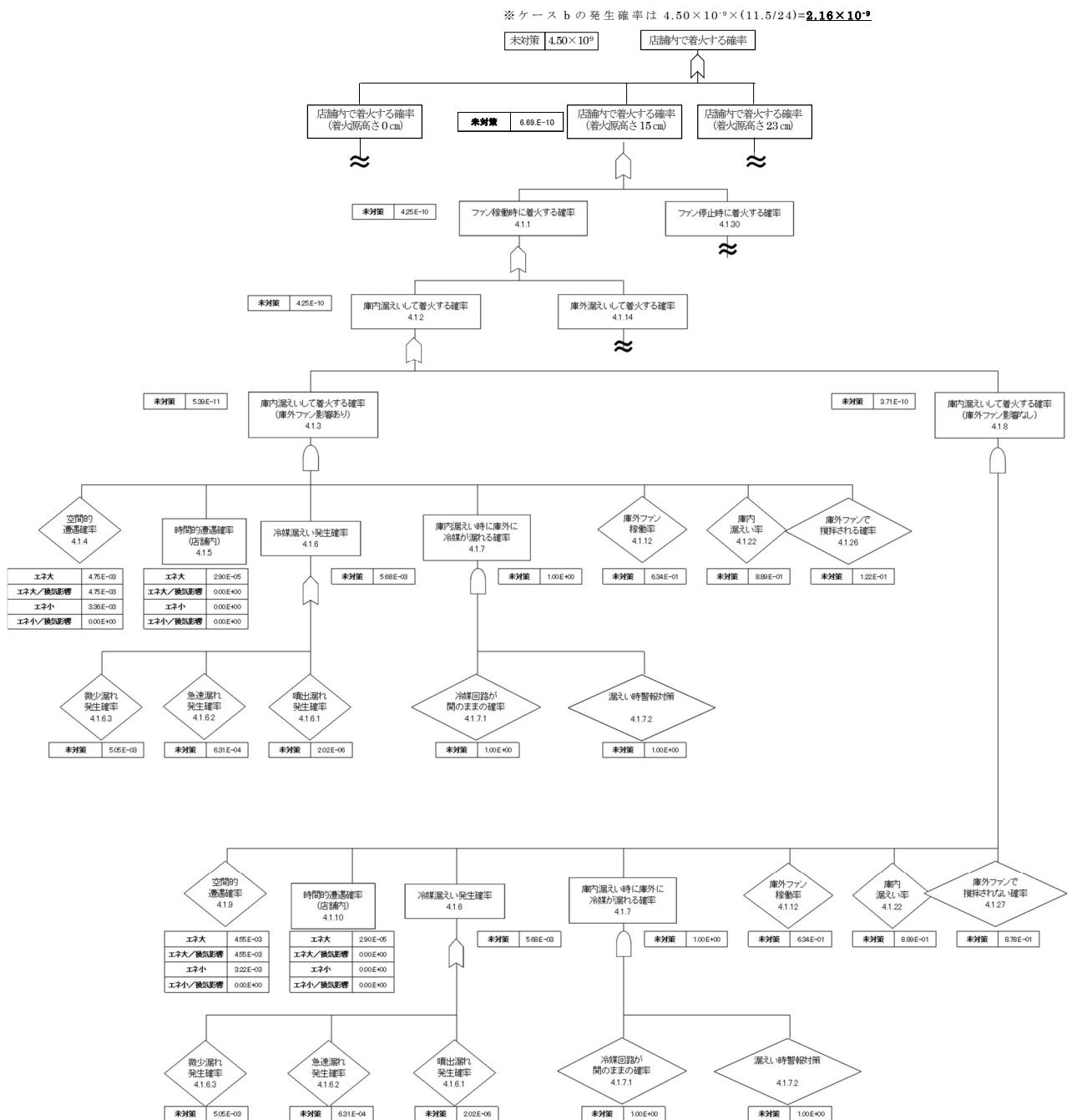


Fig. 4-12-9 ファン稼働中の庫内漏えい時の FTA (解析③, ④ 15 cm)

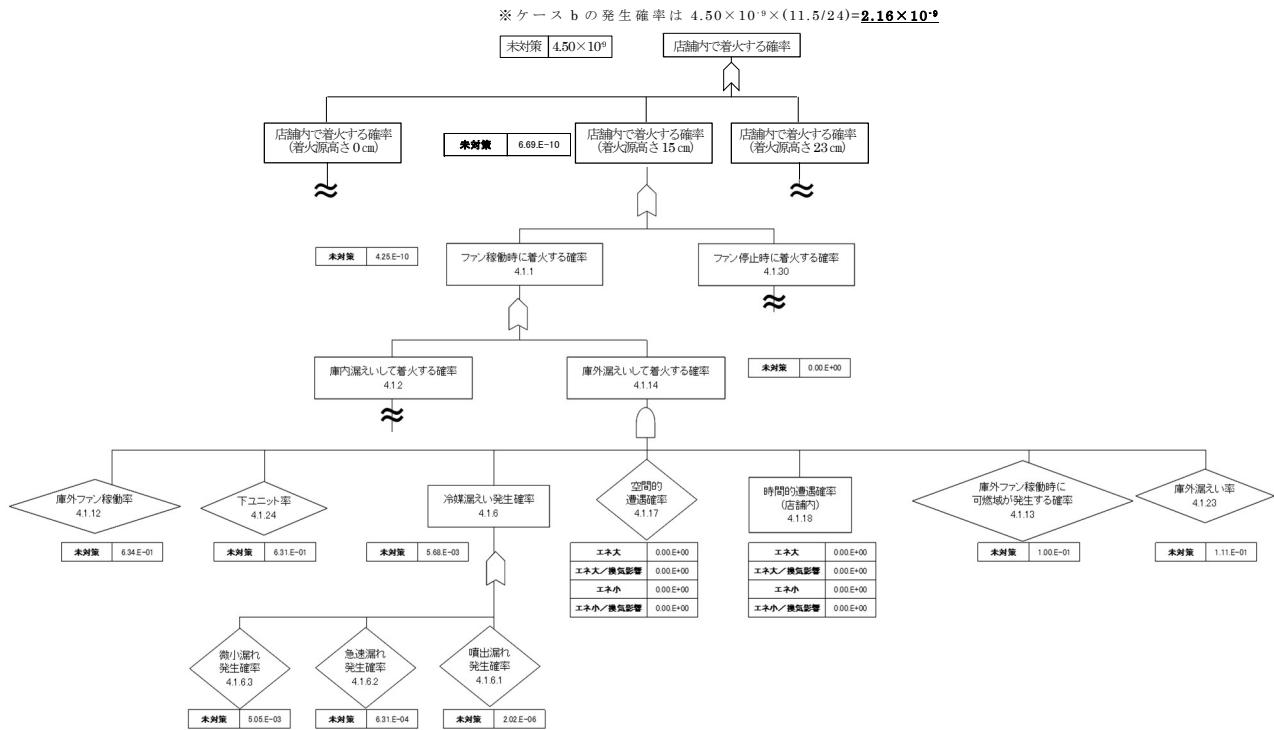


Fig. 4-12-10 ファン稼働中の庫外漏えい時の FTA (解析③, ④ 15 cm)

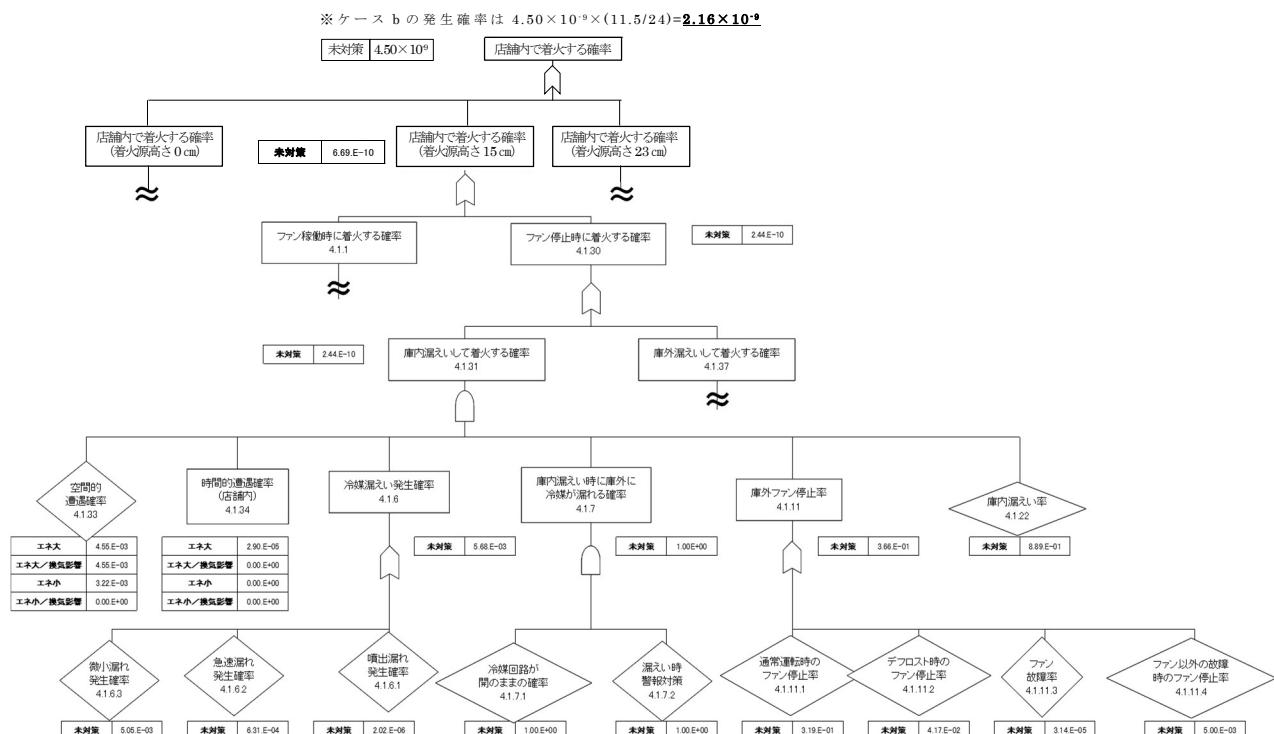


Fig. 4-12-11 ファン停止中の庫内漏えい時の FTA (解析③, ④ 15 cm)

※ ケース b の発生確率は $4.50 \times 10^{-9} \times (11.5/24) = 2.16 \times 10^{-9}$

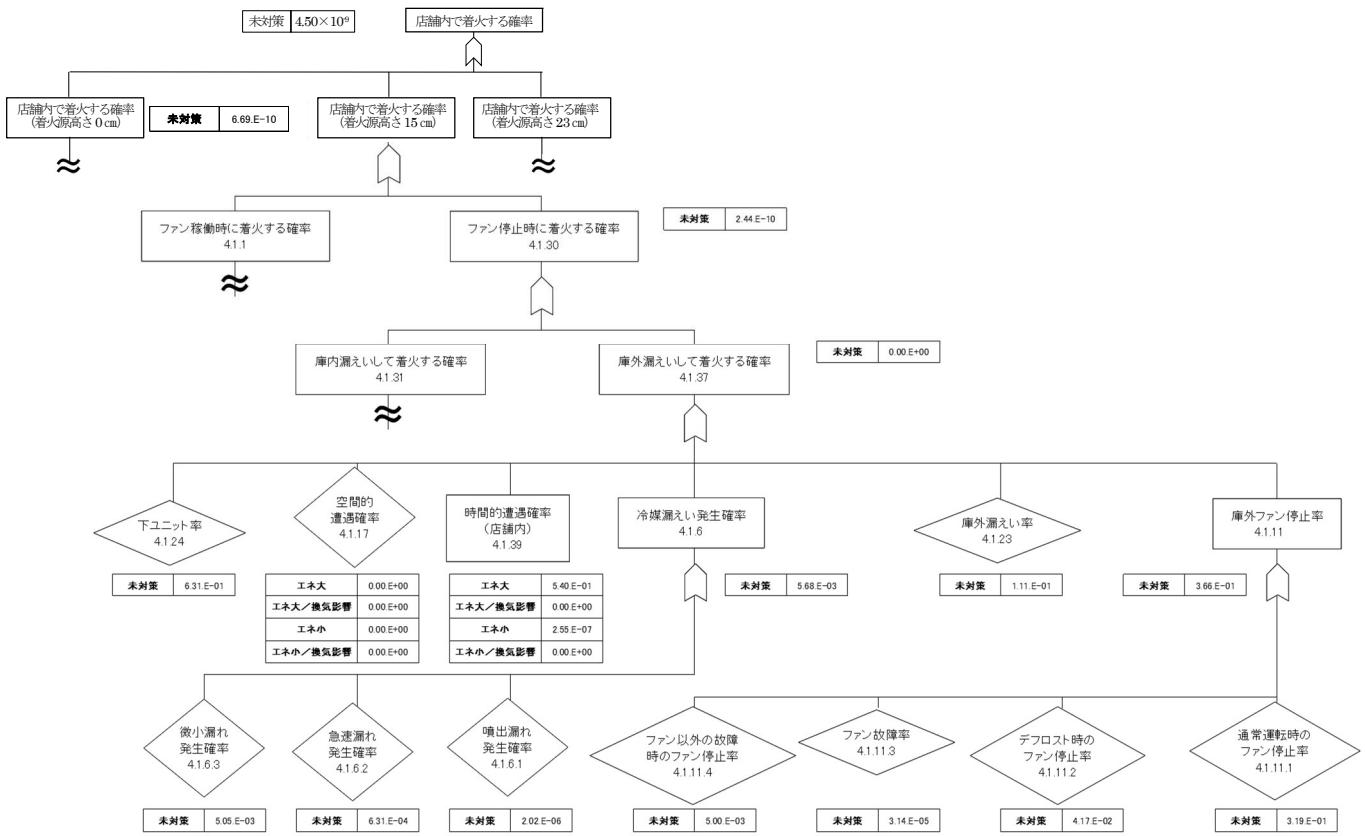


Fig. 4-12-12 ファン停止中の庫外漏えい時のFTA (解析③, ④ 15 cm)

※ ケース b の発生 確率は $4.50 \times 10^{-9} \times (11.5/24) = 2.16 \times 10^{-9}$

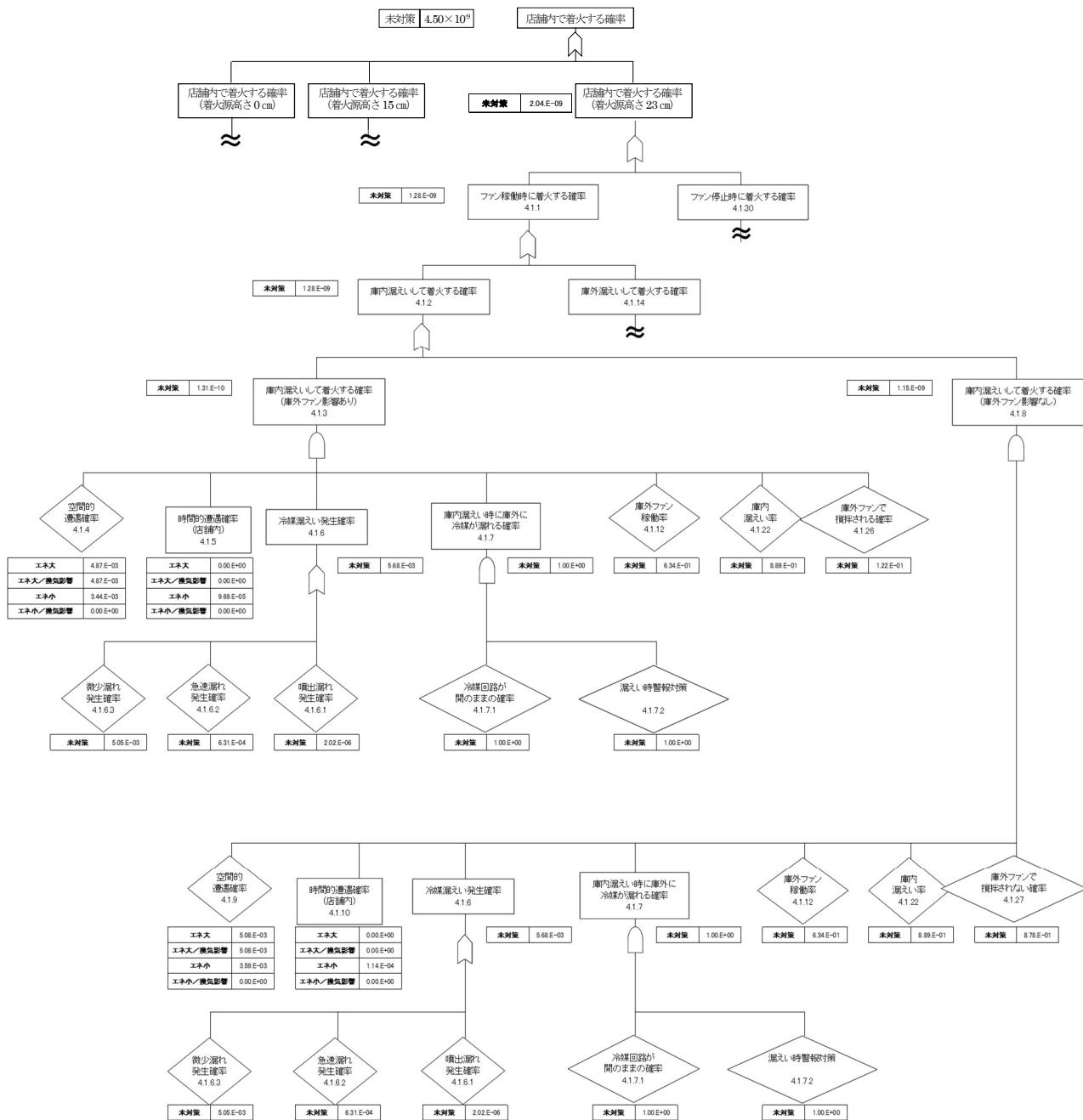


Fig. 4-12-13 ファン稼働中の庫内漏えい時のFTA（解析③, ④ 23 cm）

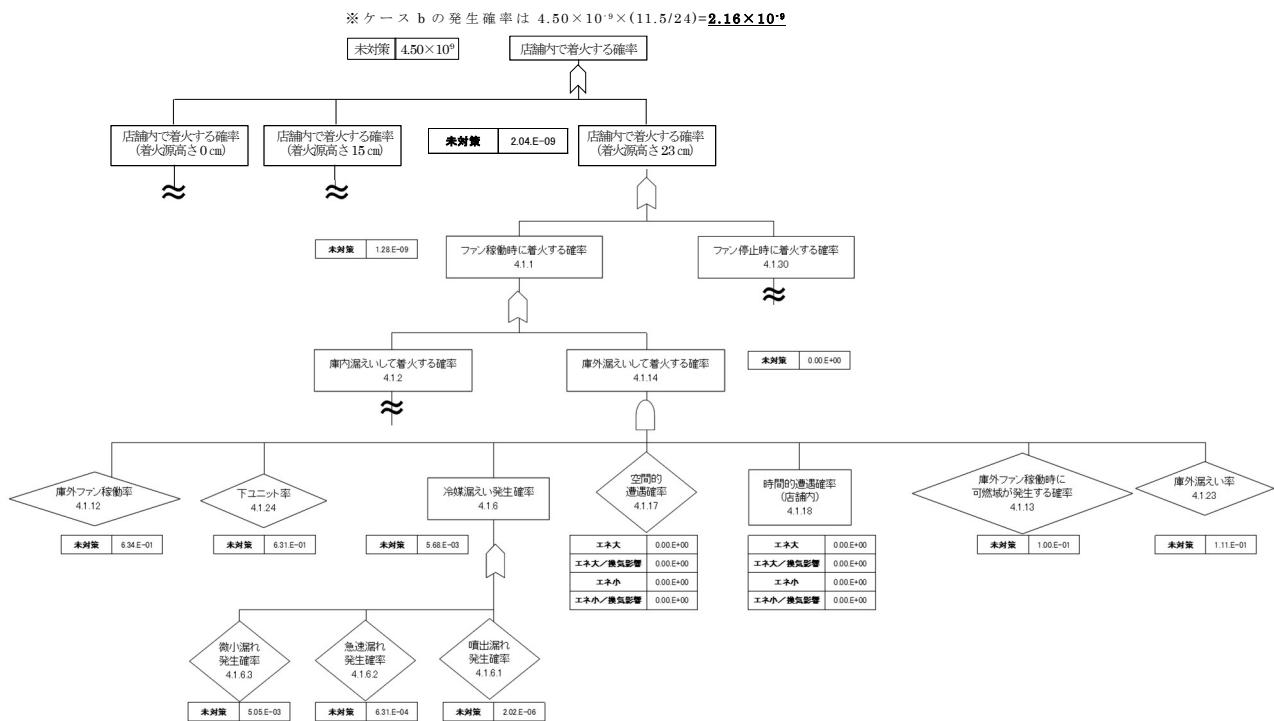


Fig. 4-12-14 ファン稼働中の庫外漏えい時の FTA (解析③, ④ 23 cm)

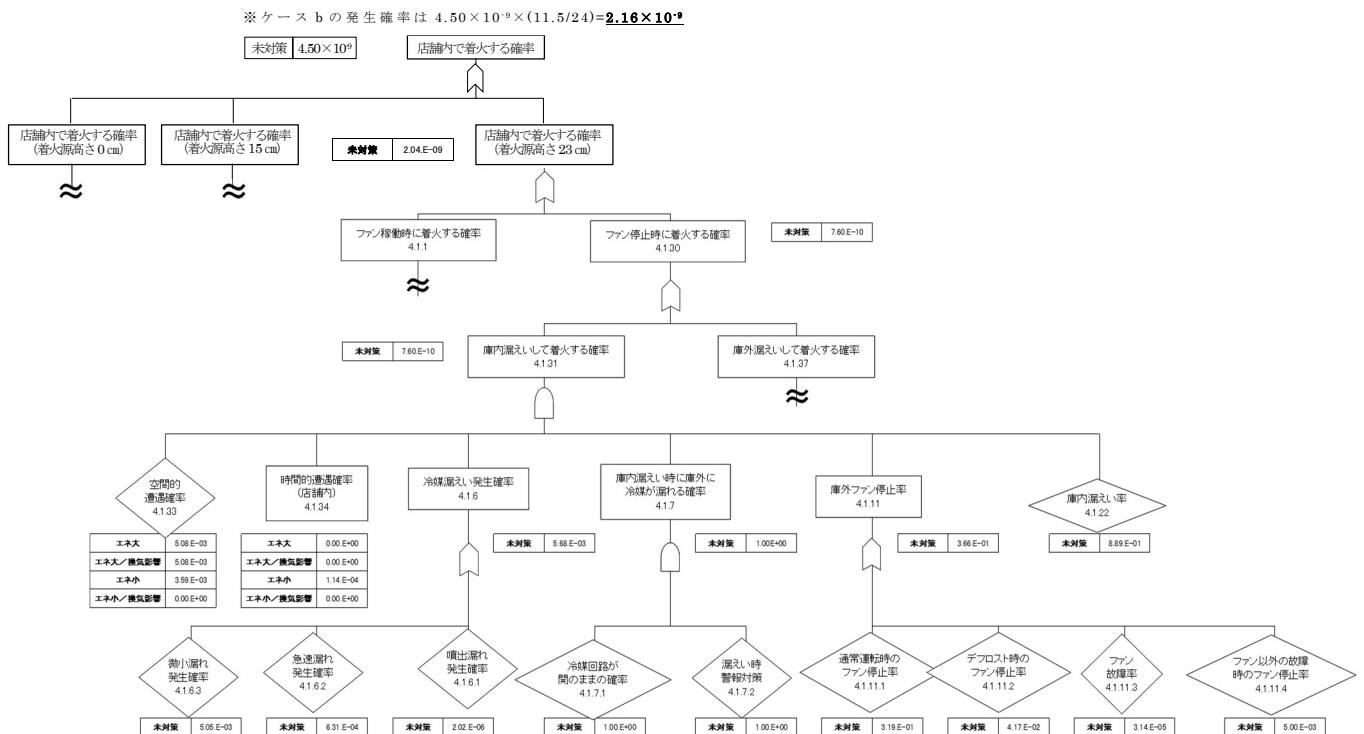


Fig. 4-12-15 ファン停止中の庫内漏えい時の FTA (解析③, ④ 23 cm)

※ケース b の発生確率は $4.50 \times 10^{-9} \times (11.5/24) = 2.16 \times 10^{-9}$

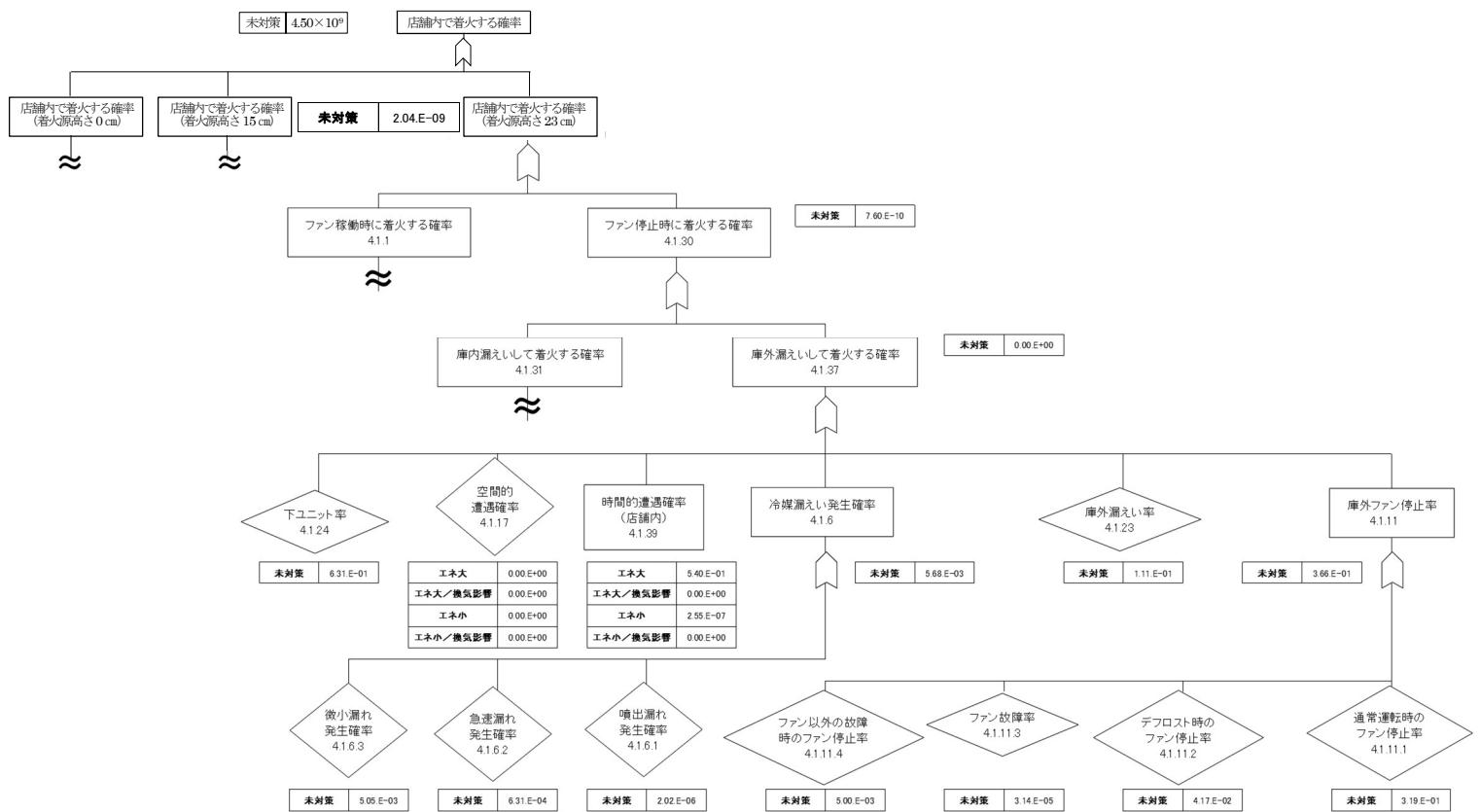


Fig. 4-12-16 ファン停止中の庫外漏えい時のFTA（解析③, ④ 23 cm）

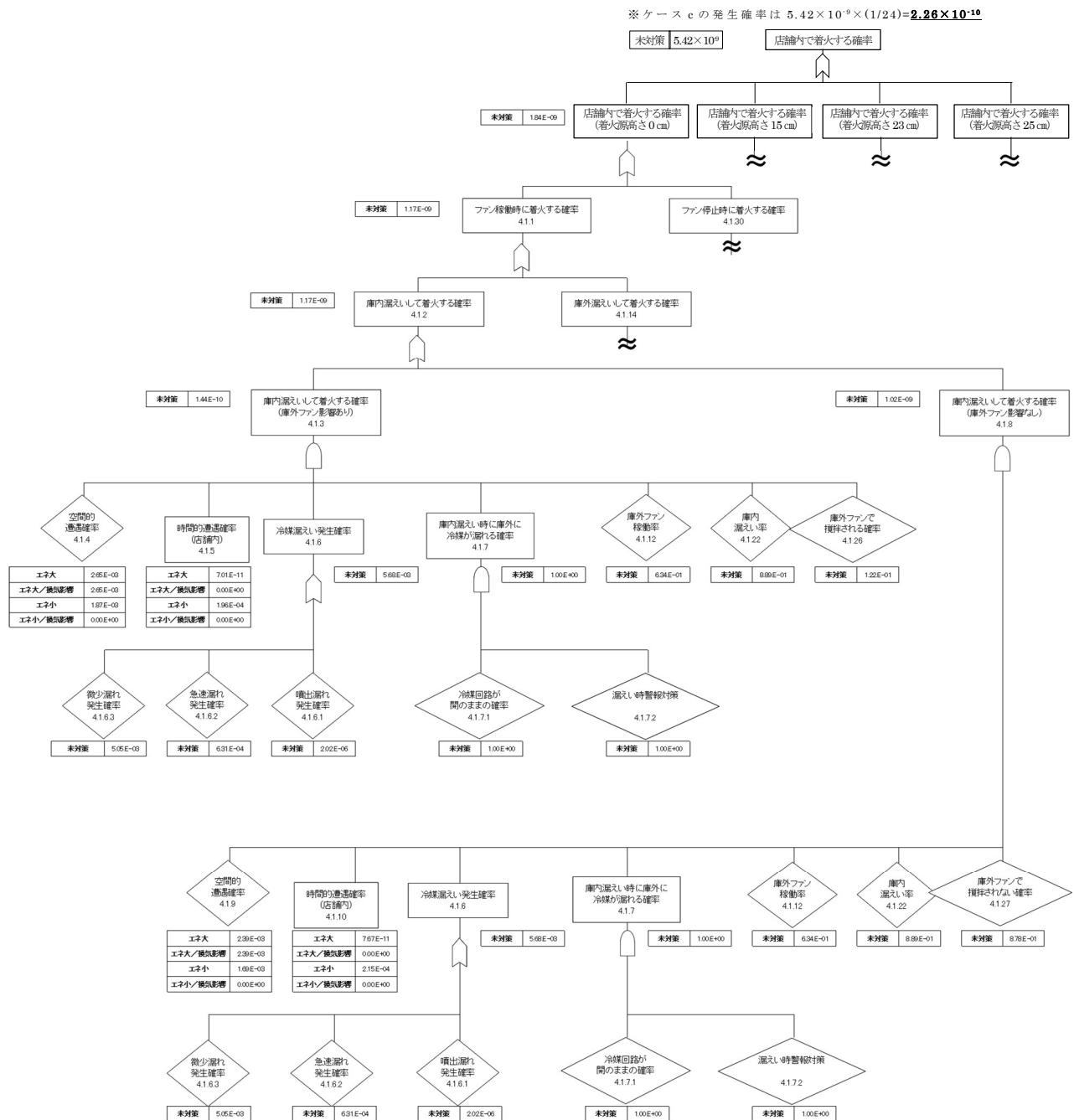


Fig. 4-12-17 ファン稼働中の庫内漏えい時のFTA (解析⑤, ⑥ 0 cm)

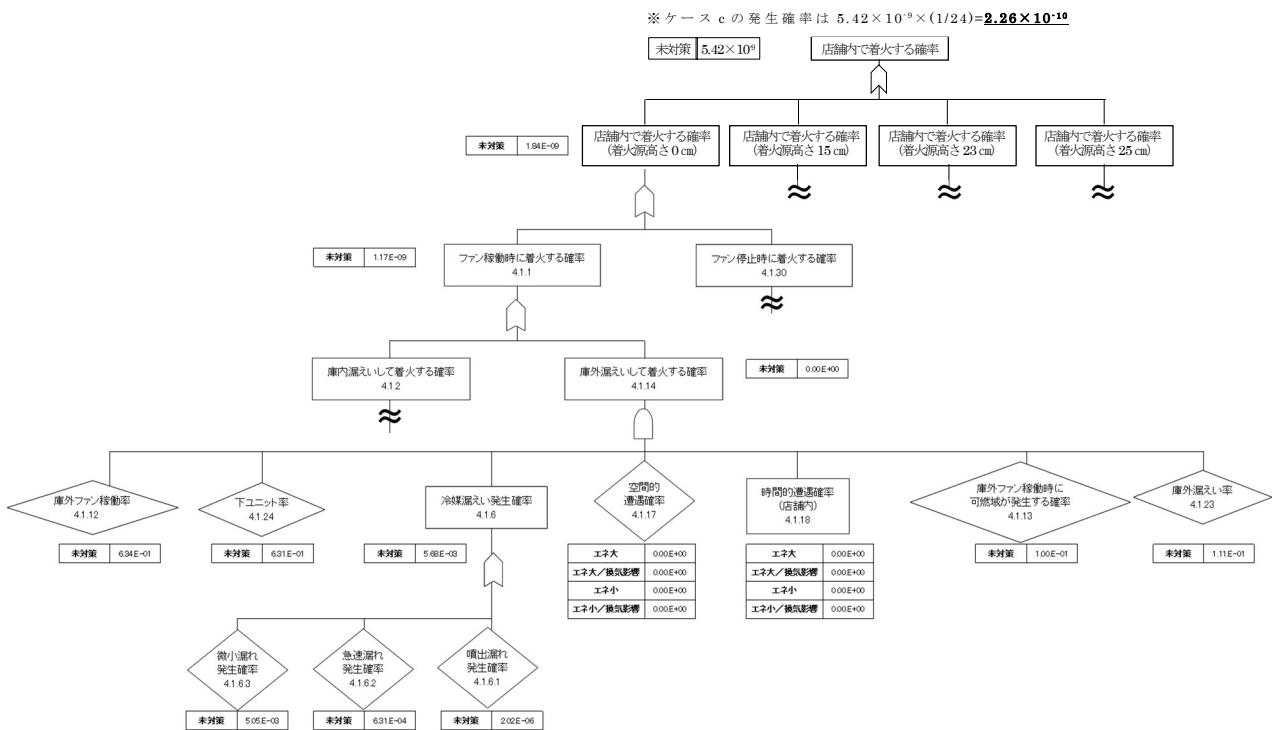


Fig. 4-12-18 ファン稼働中の庫外漏えい時の FTA (解析⑤, ⑥ 0 cm)

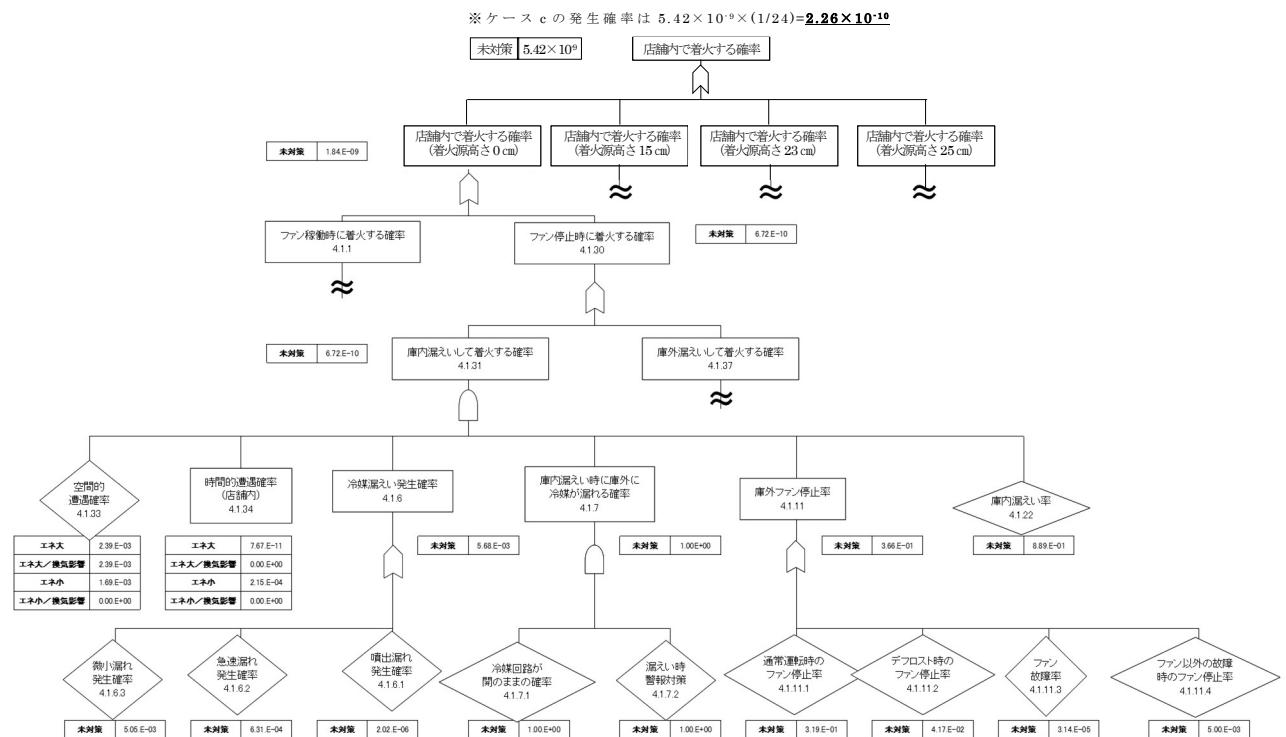


Fig. 4-12-19 ファン停止中の庫内漏えい時の FTA (解析⑤, ⑥ 0 cm)

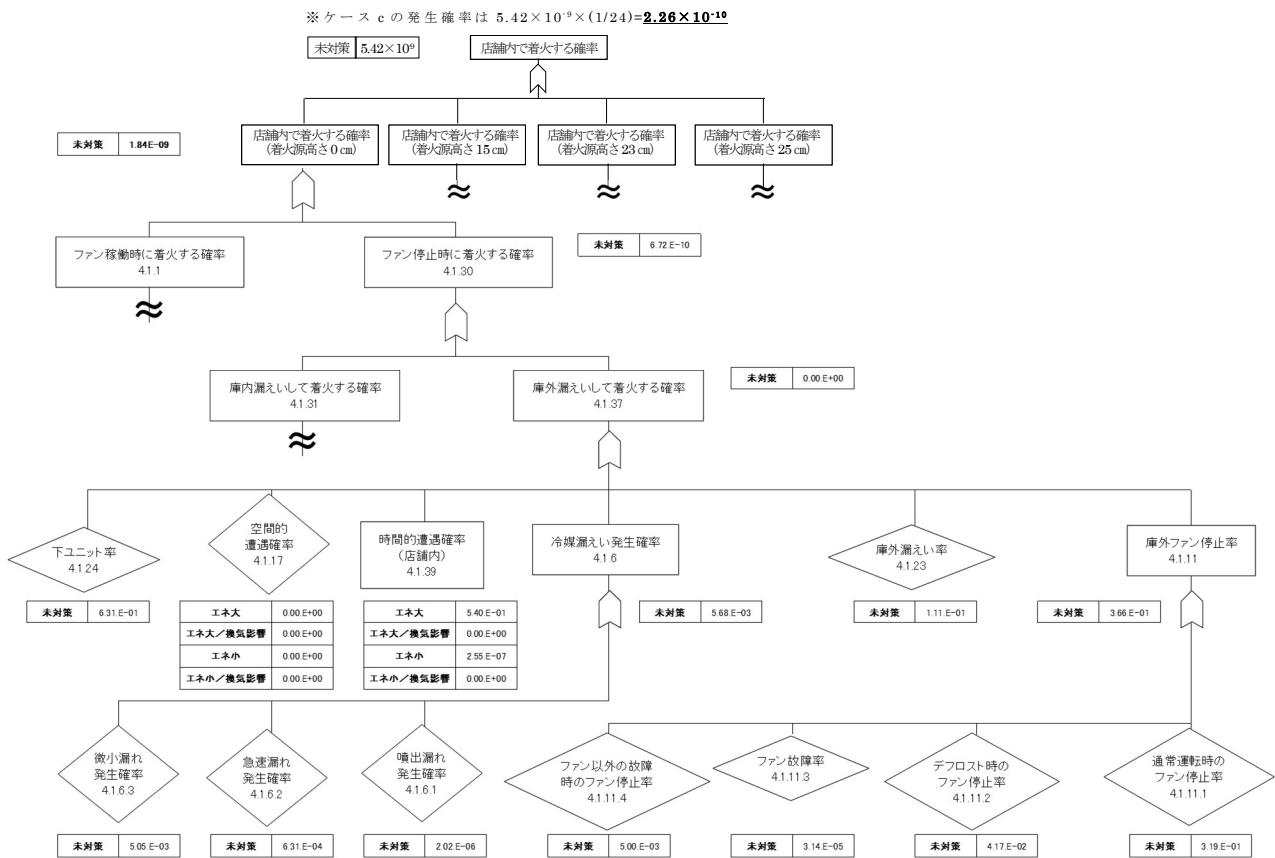


Fig. 4-12-20 ファン停止中の庫外漏えい時のFTA(解析⑤, ⑥ 0 cm)

※ ケース c の発生確率は $5.42 \times 10^{-9} \times (1/24) = 2.26 \times 10^{-10}$

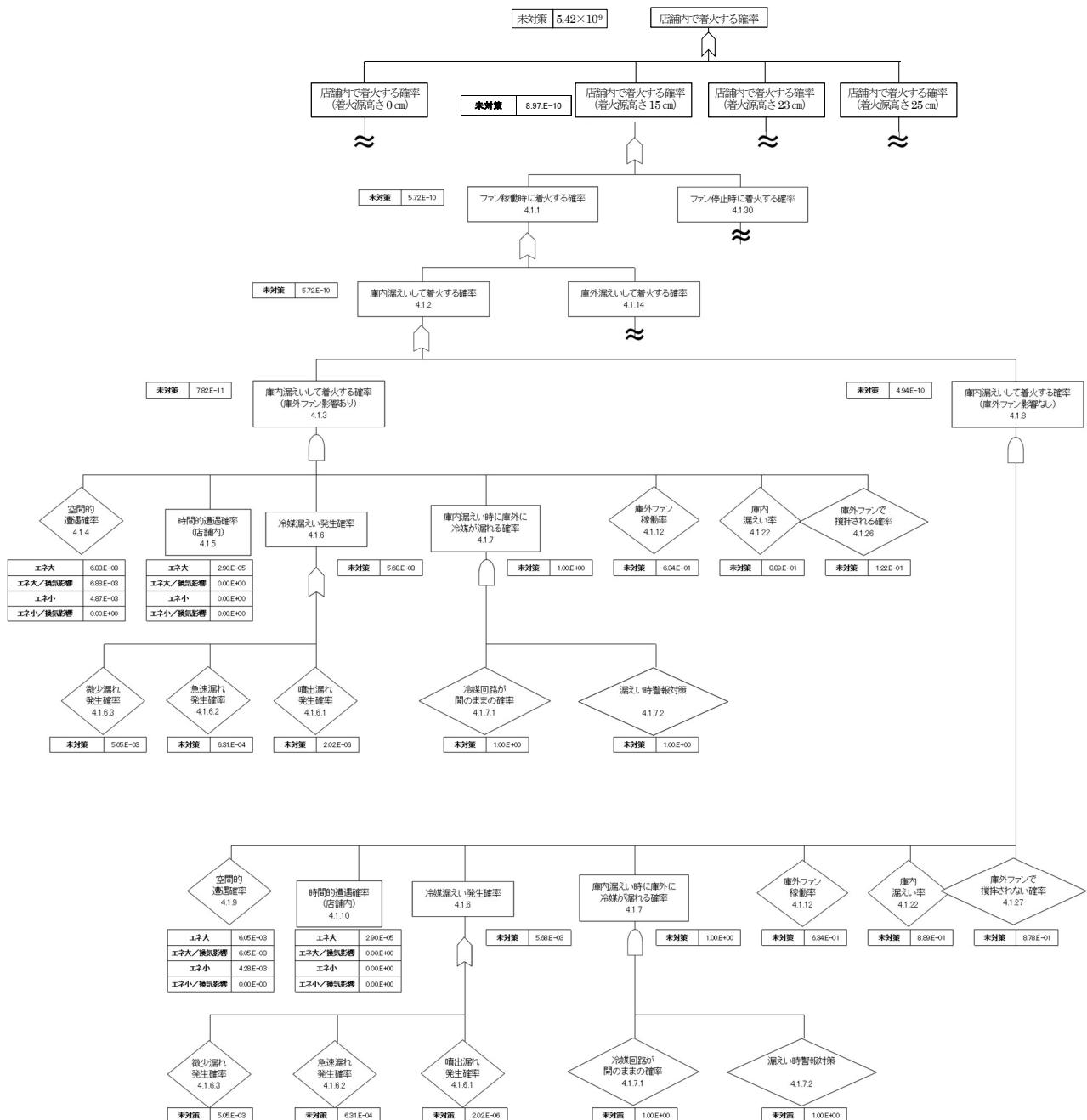


Fig. 4-12-21 ファン稼働中の庫内漏えい時のFTA（解析⑤, ⑥ 15 cm）

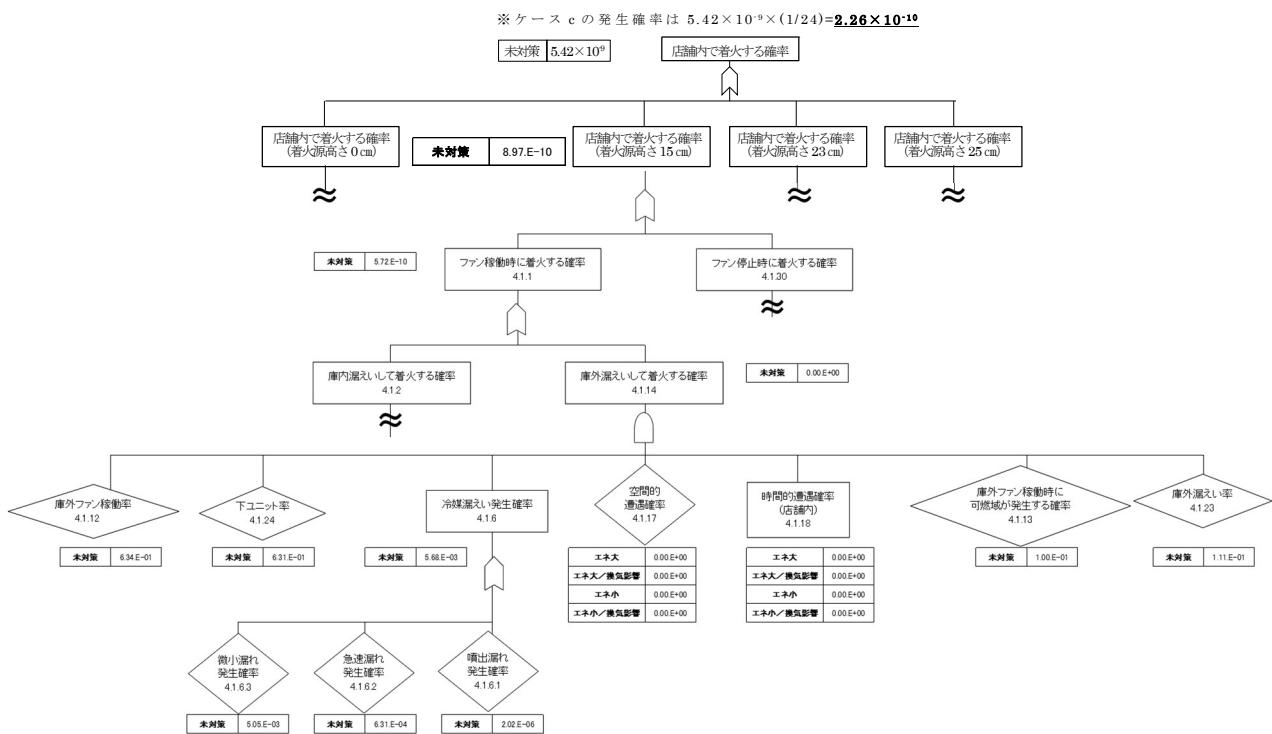


Fig. 4-12-22 ファン稼働中の庫外漏えい時の FTA (解析⑤, ⑥ 15 cm)

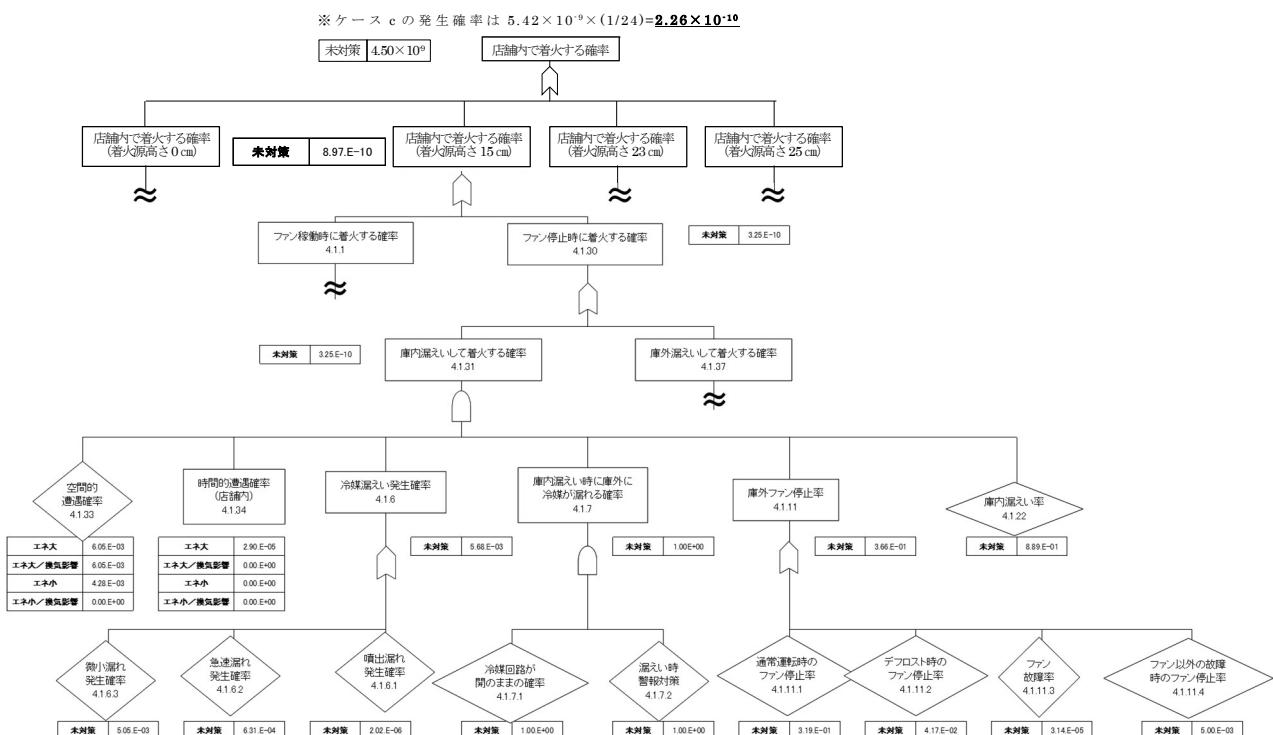


Fig. 4-12-23 ファン停止中の庫内漏えい時の FTA (解析⑤, ⑥ 15 cm)

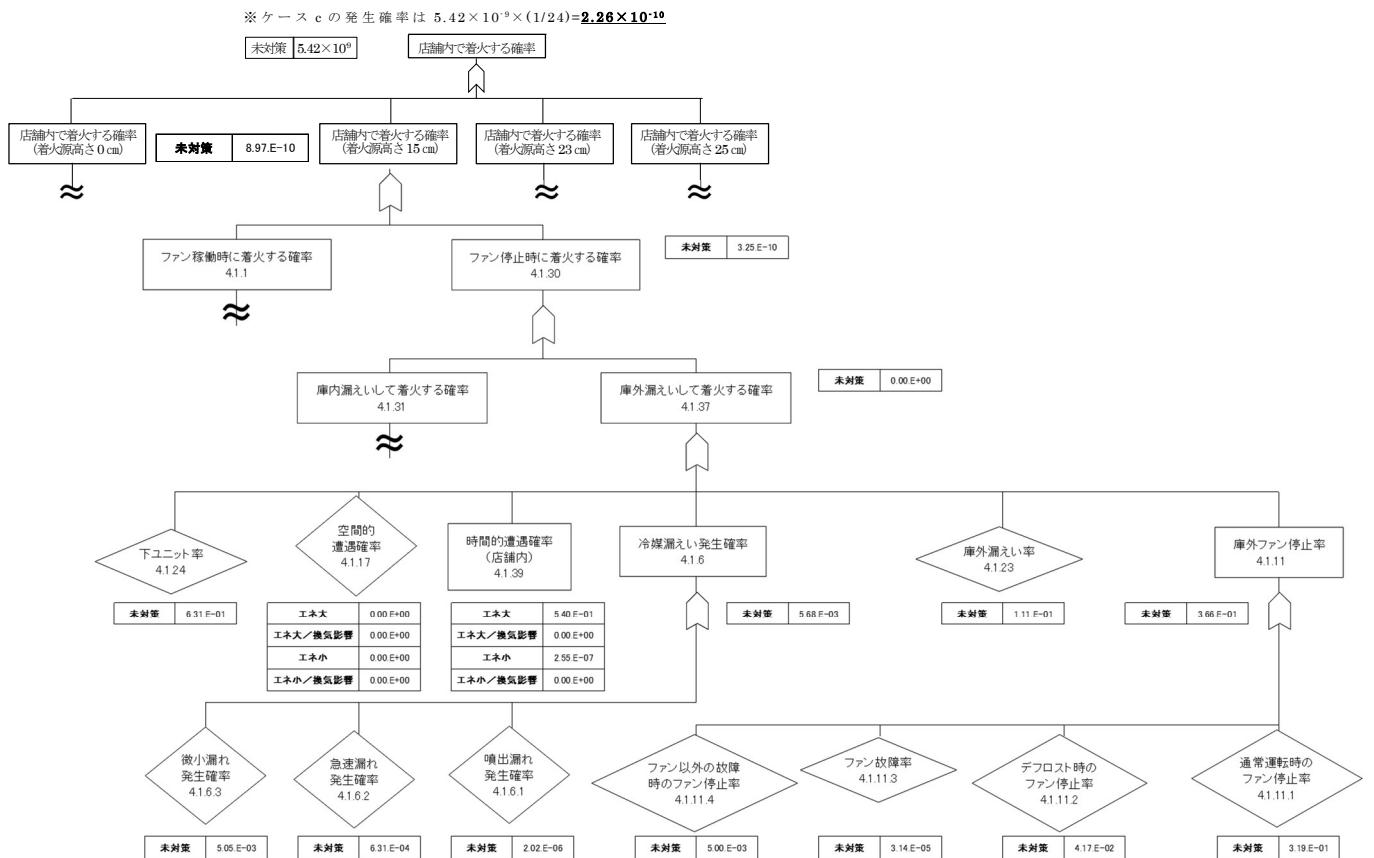


Fig. 4-12-24 ファン停止中の庫外漏えい時の FTA (解析⑤, ⑥ 15 cm)

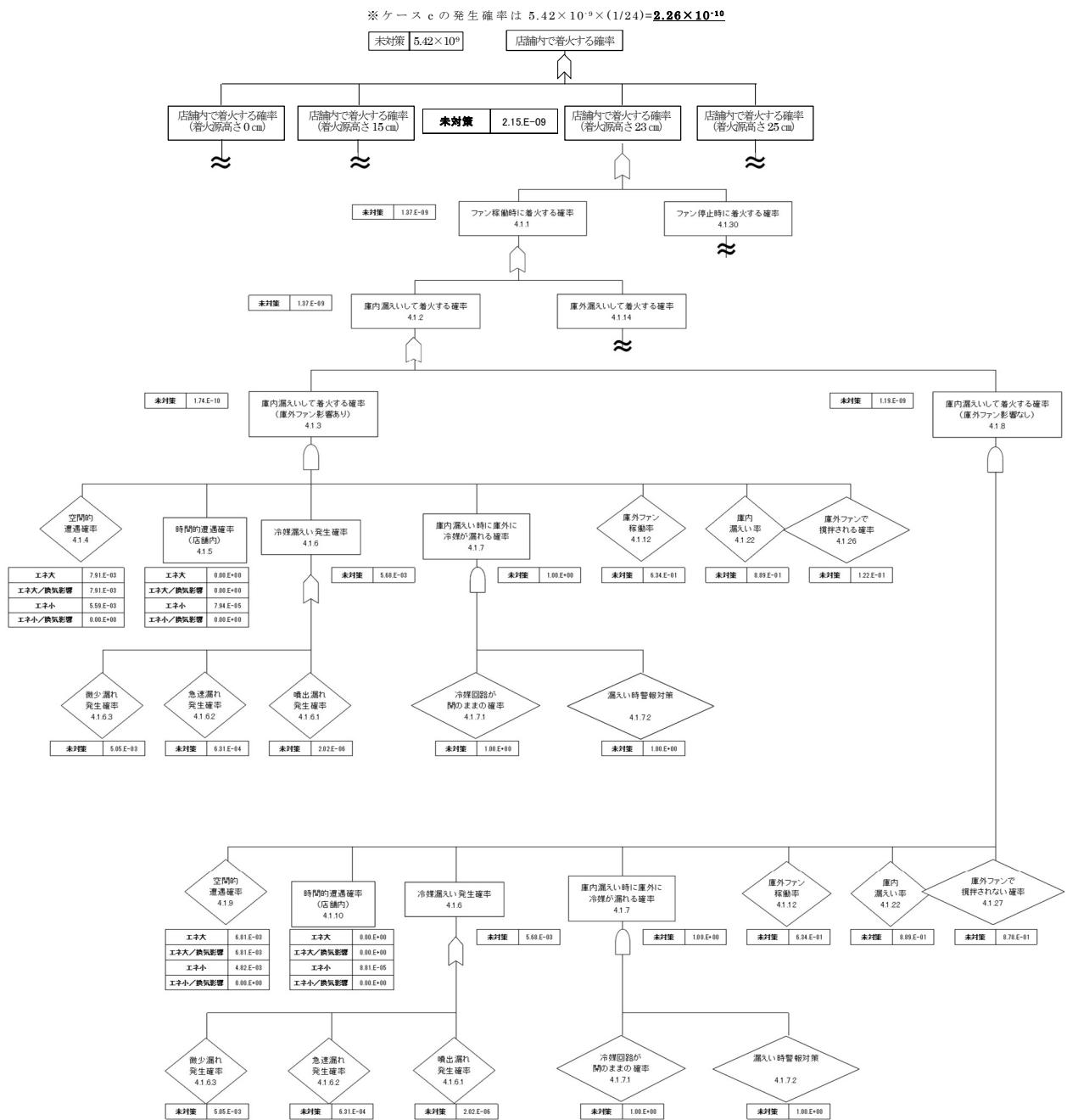


Fig. 4-12-25 ファン稼働中の庫内漏えい時の FTA (解析⑤, ⑥ 23 cm)

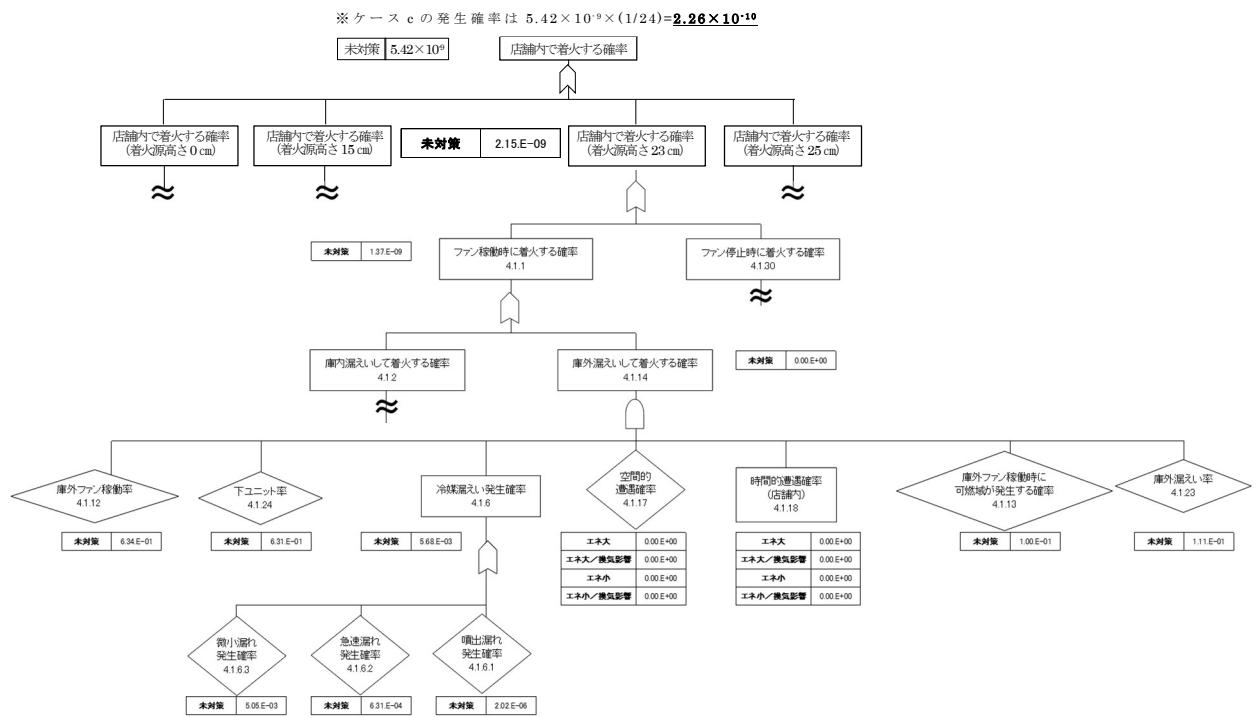


Fig. 4-12-26 ファン稼働中の庫外漏えい時の FTA (解析⑤, ⑥ 23 cm)

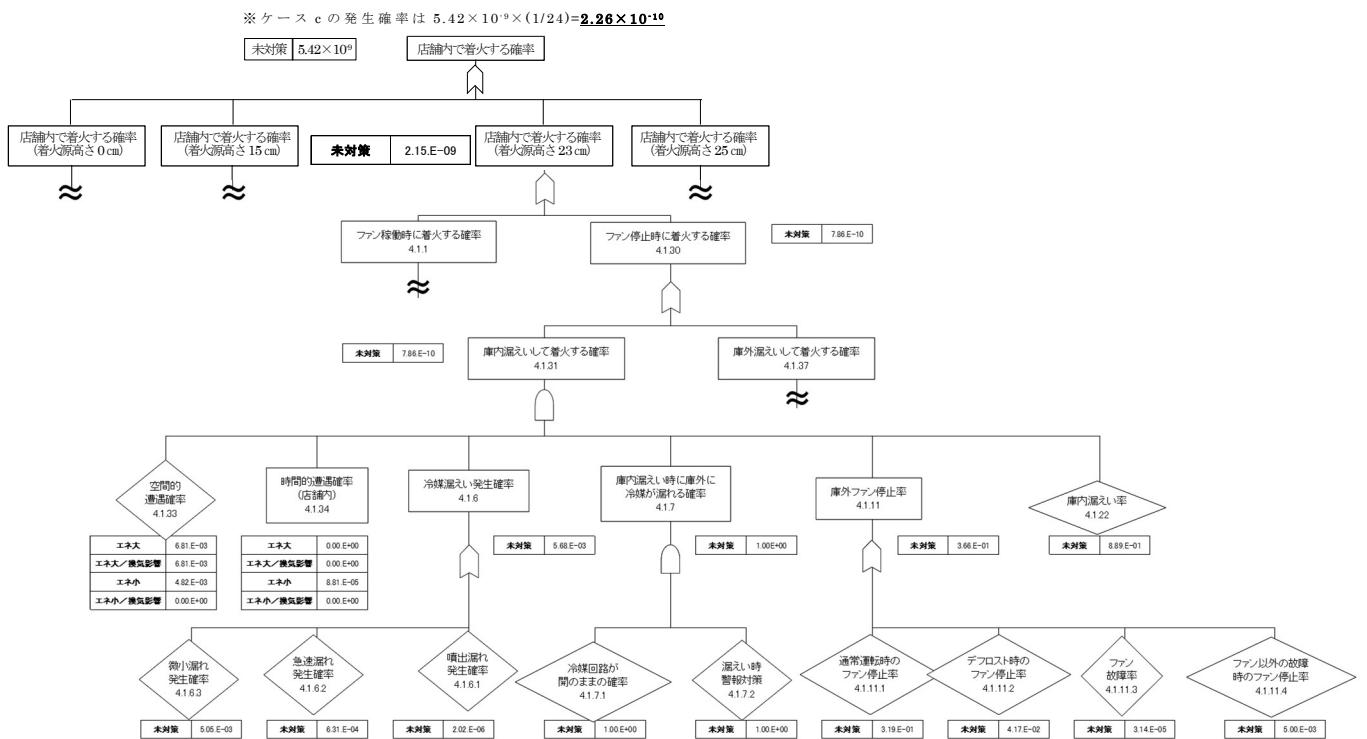


Fig. 4-12-27 ファン停止中の庫内漏えい時の FTA (解析⑤, ⑥ 23 cm)

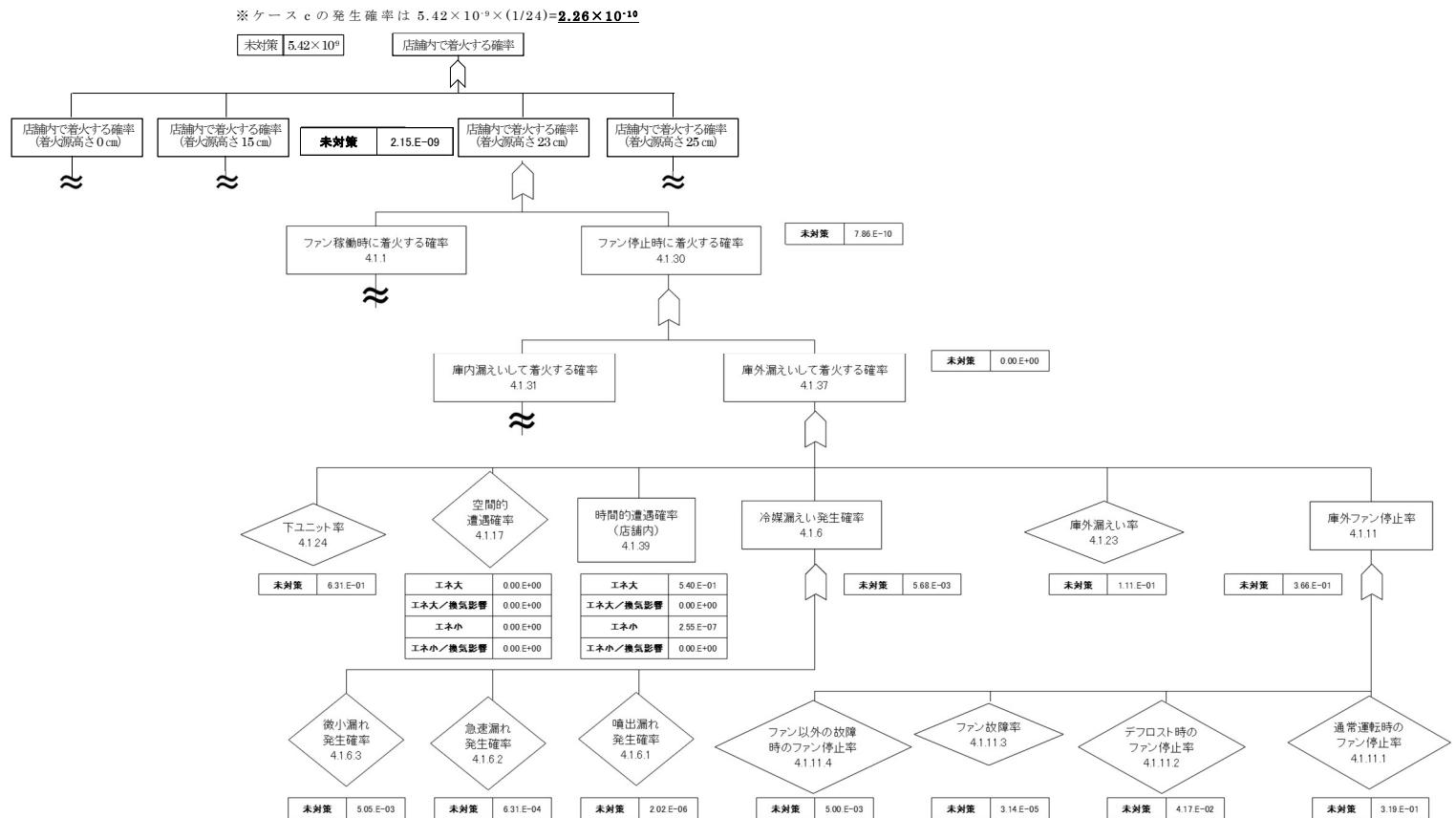


Fig. 4-12-28 ファン停止中の庫外漏えい時の FTA (解析⑤, ⑥ 23 cm)

※ ケース c の発生確率は $5.42 \times 10^{-9} \times (1/24) = 2.26 \times 10^{-10}$

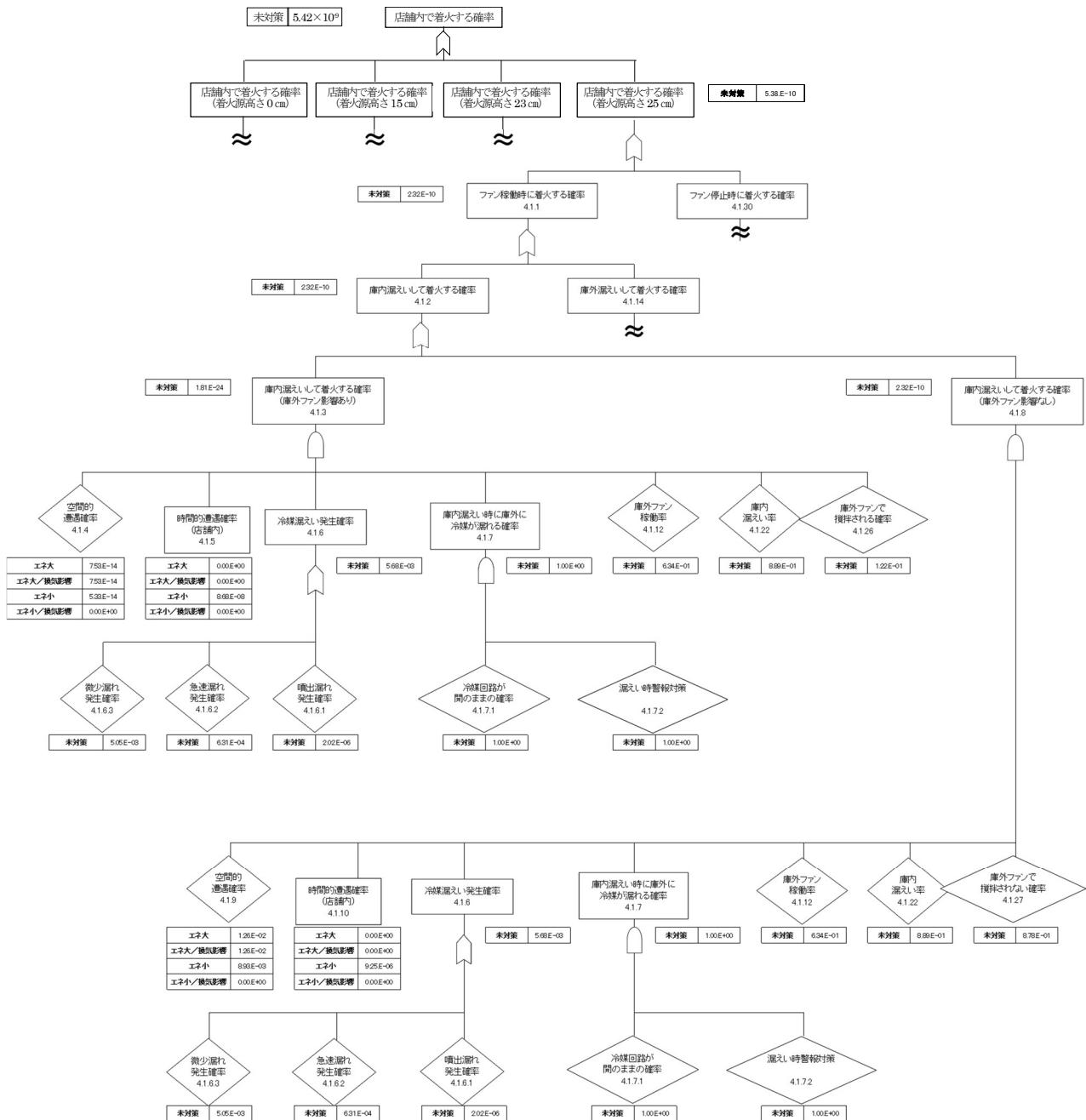


Fig. 4-12-29 ファン稼働中の庫内漏えい時のFTA（解析⑤, ⑥ 25 cm）

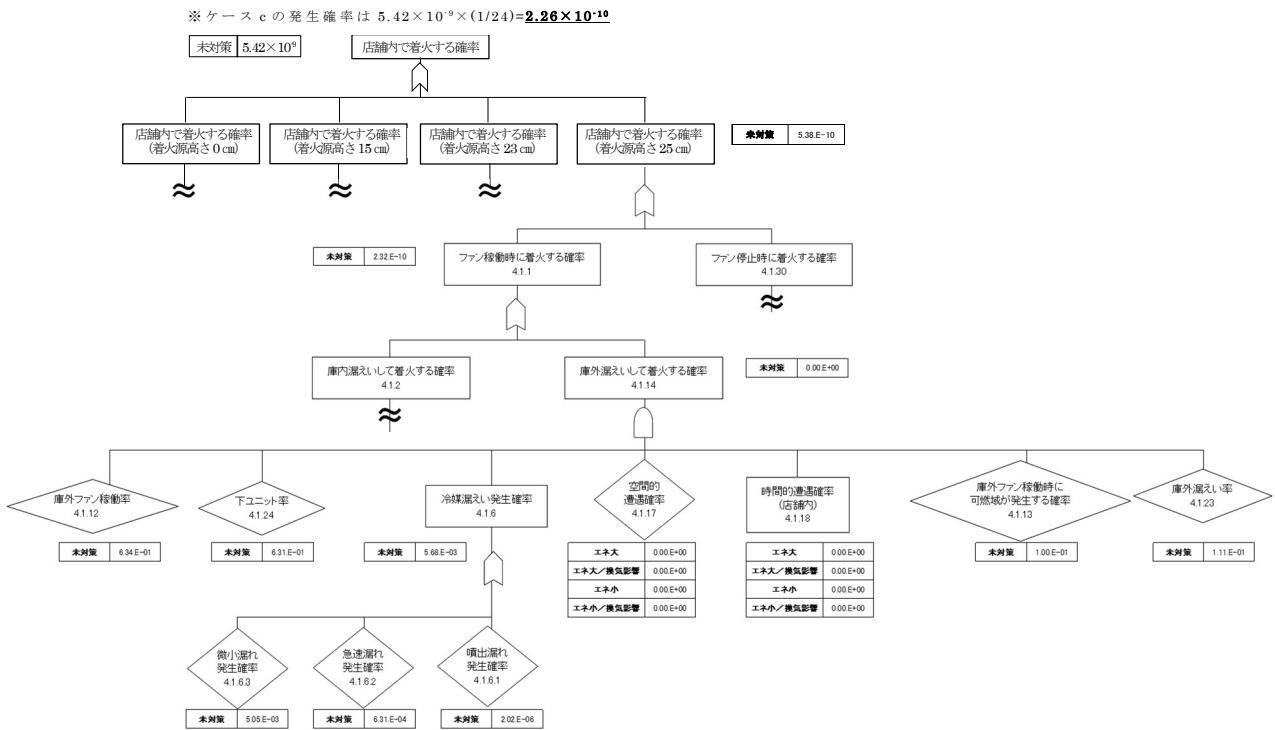


Fig. 4-12-30 ファン稼働中の庫外漏えい時の FTA (解析⑤, ⑥ 25 cm)

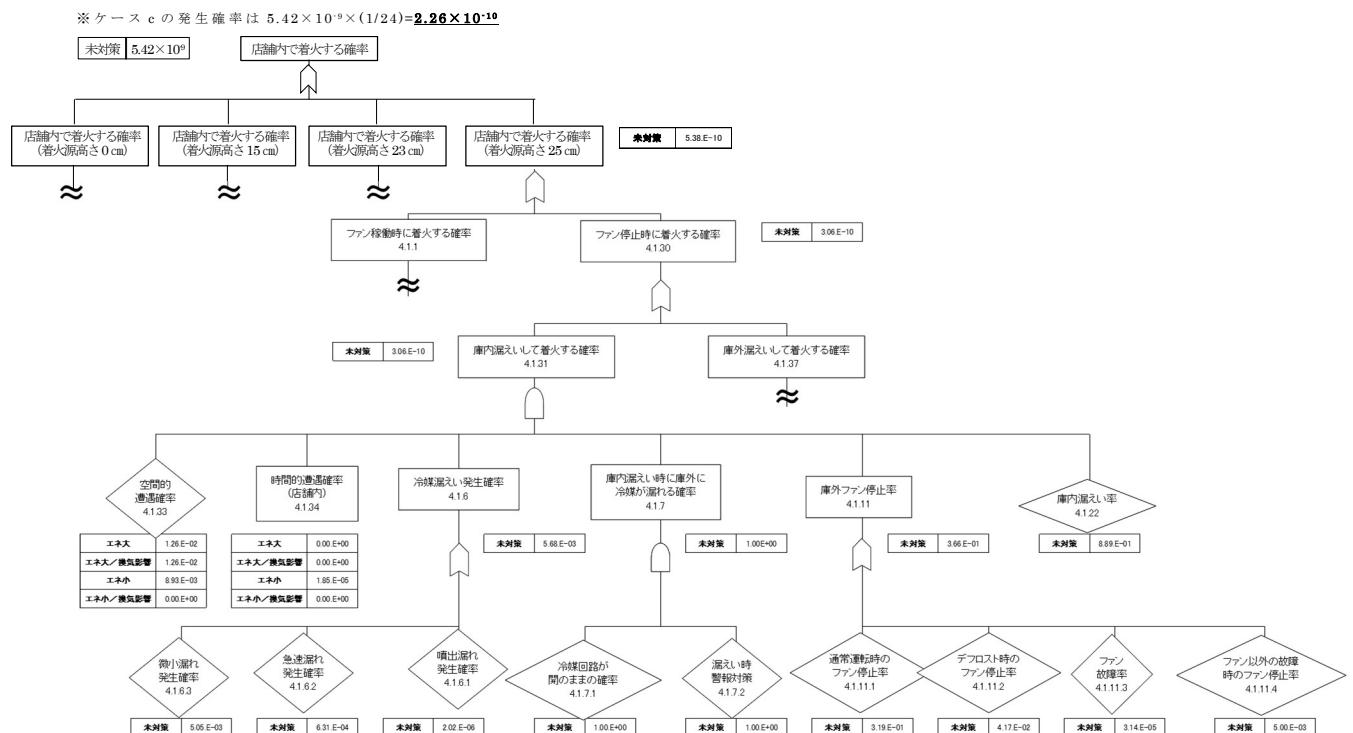


Fig. 4-12-31 ファン停止中の庫内漏えい時の FTA (解析⑤, ⑥ 25 cm)

※ケースcの発生確率は $5.42 \times 10^{-9} \times (1/24) = 2.26 \times 10^{-10}$

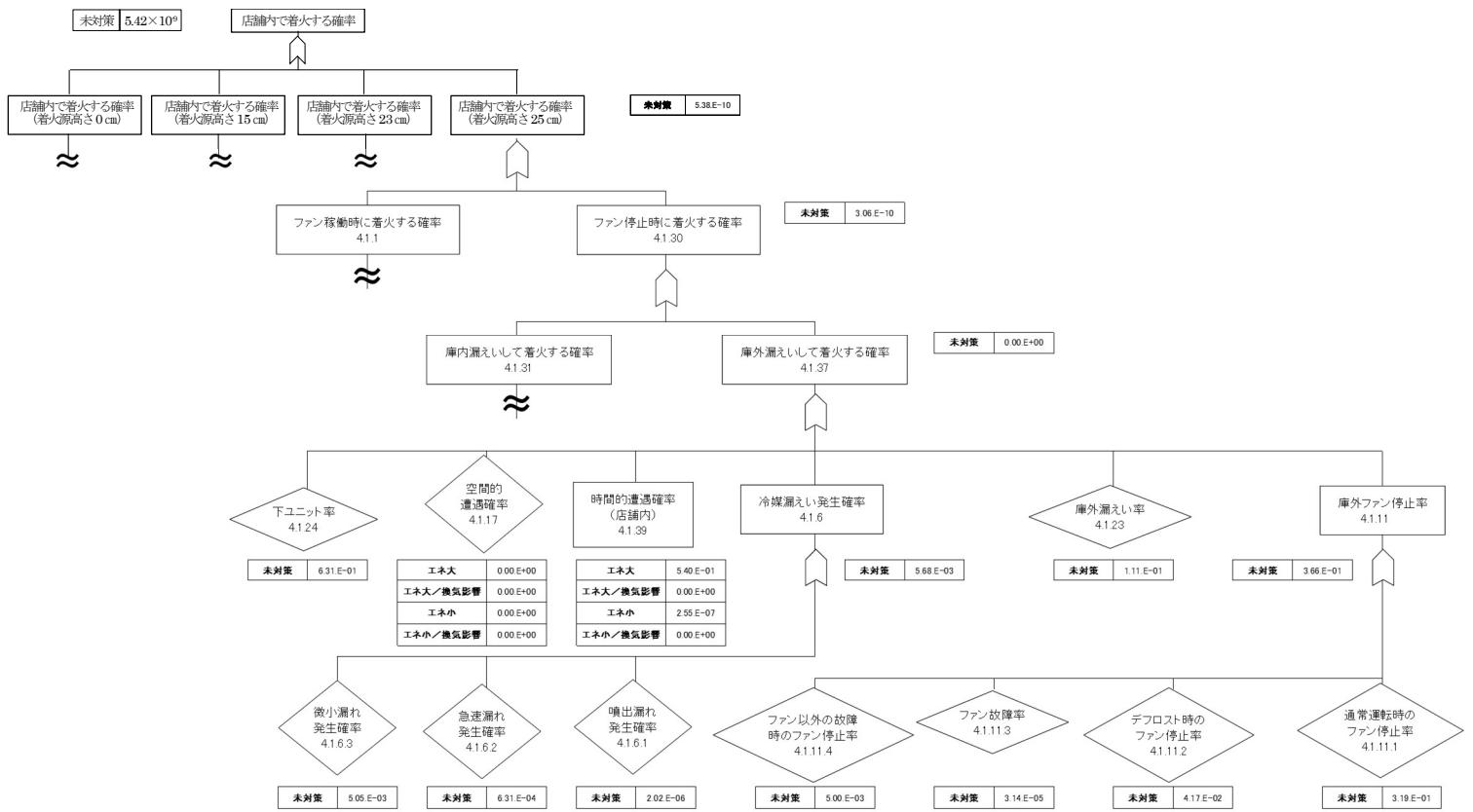


Fig. 4-12-32 ファン停止中の庫外漏えい時のFTA (解析⑤, ⑥ 25 cm)

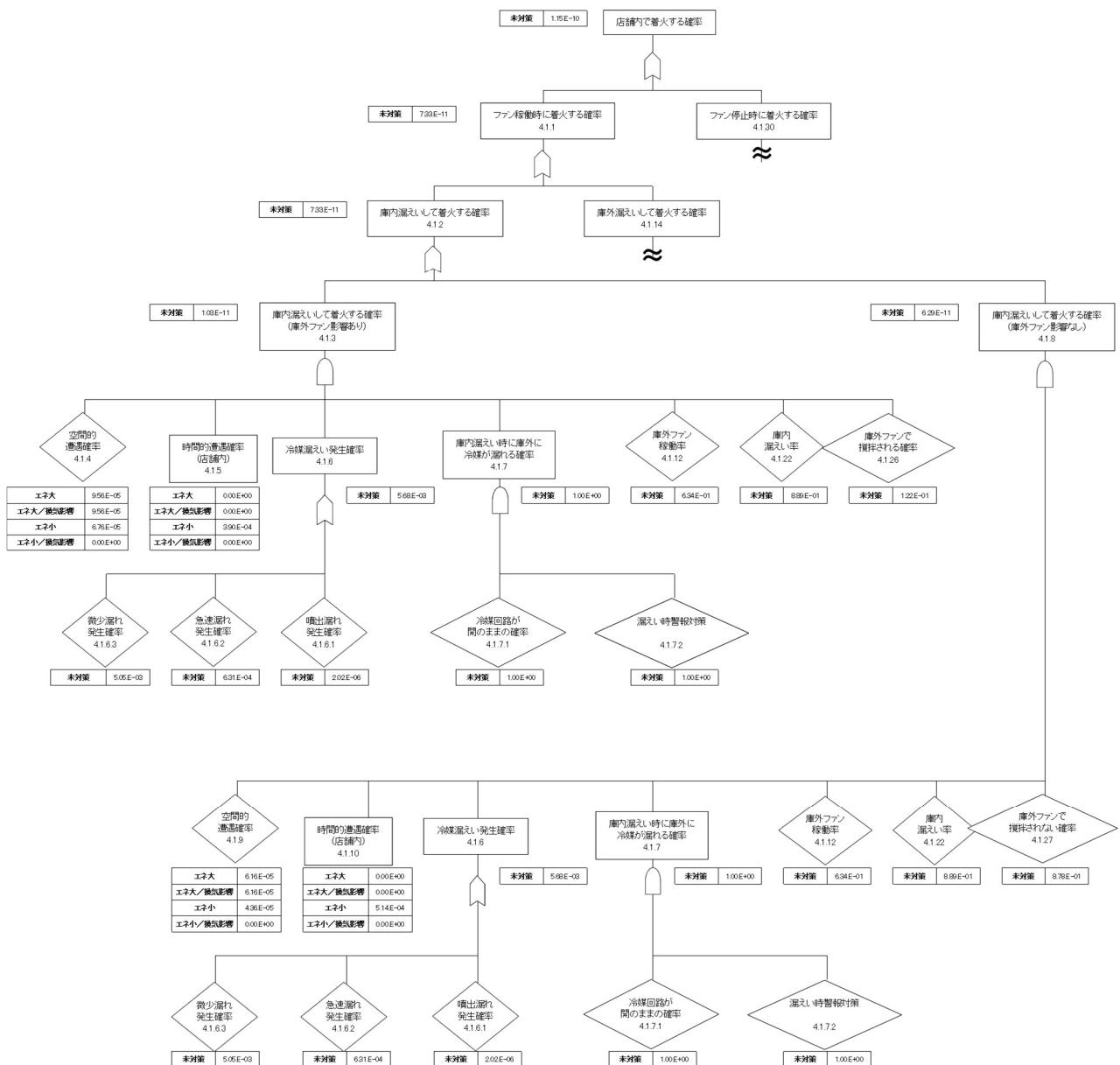


Fig. 4-12-33 ファン稼働中の庫内漏えい時のFTA（解析⑦, ⑧）

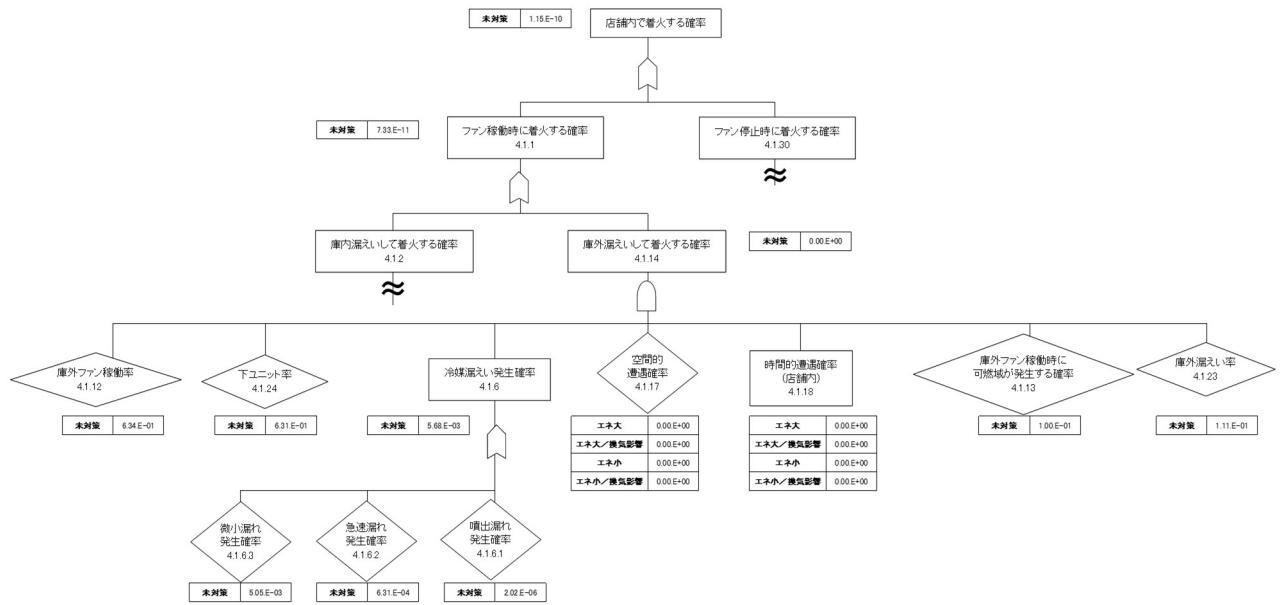


Fig. 4-12-34 ファン稼働中の庫外漏えい時の FTA (解析⑦, ⑧)

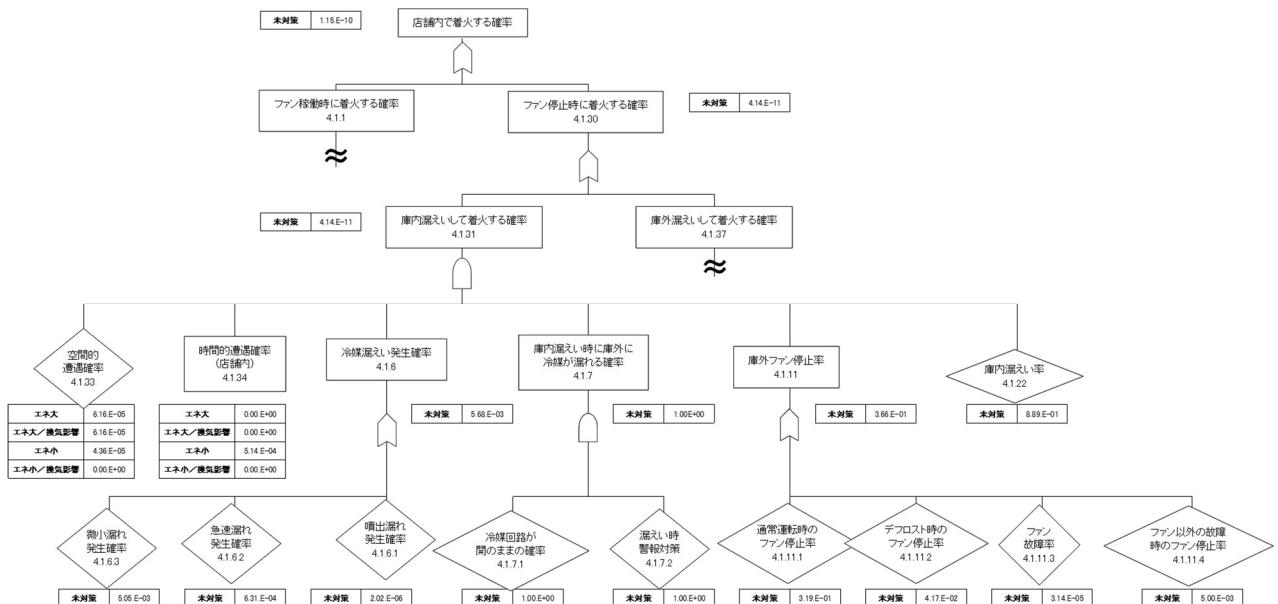


Fig. 4-12-35 ファン停止中の庫内漏えい時の FTA (解析⑦, ⑧)

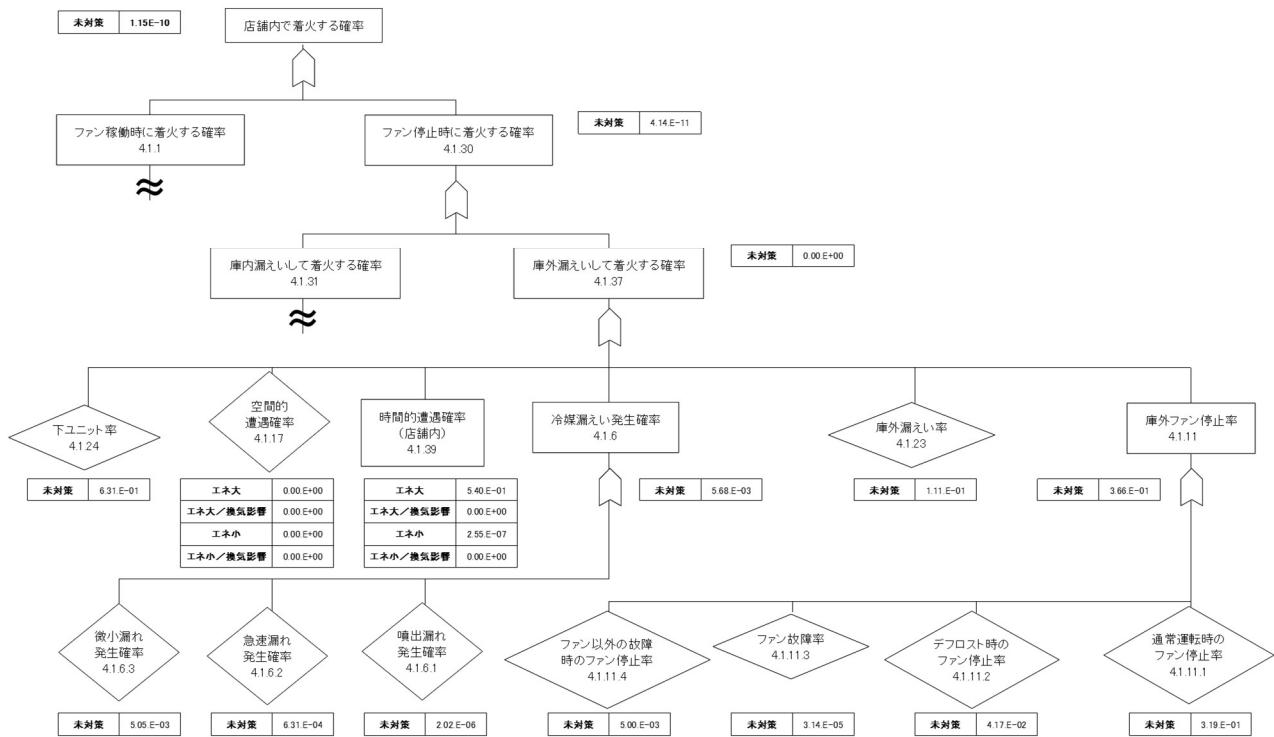


Fig. 4-12-36 ファン停止中の庫外漏えい時の FTA (解析⑦, ⑧)

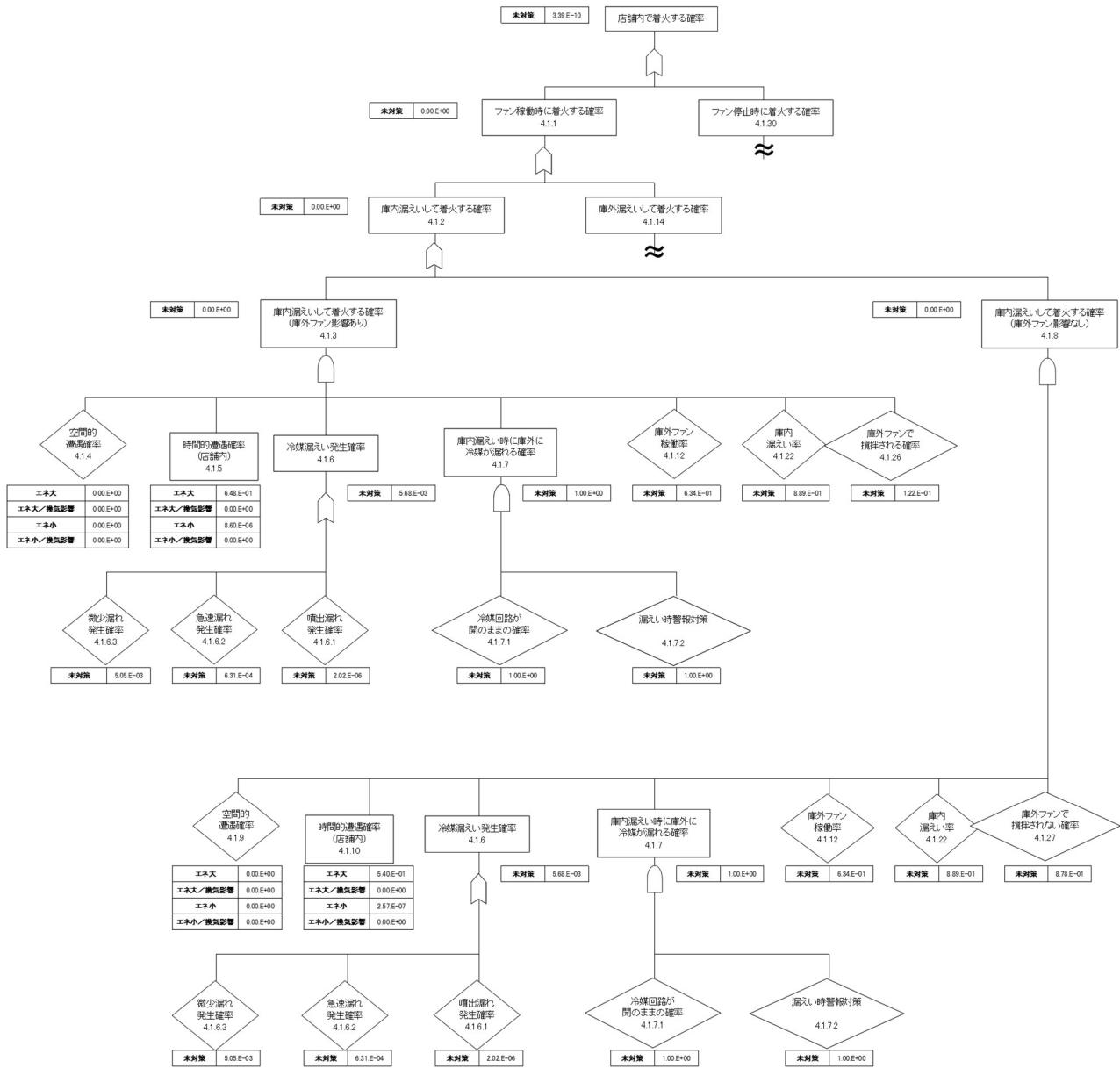


Fig. 4-12-37 ファン稼働中の庫内漏えい時の FTA (解析⑨)

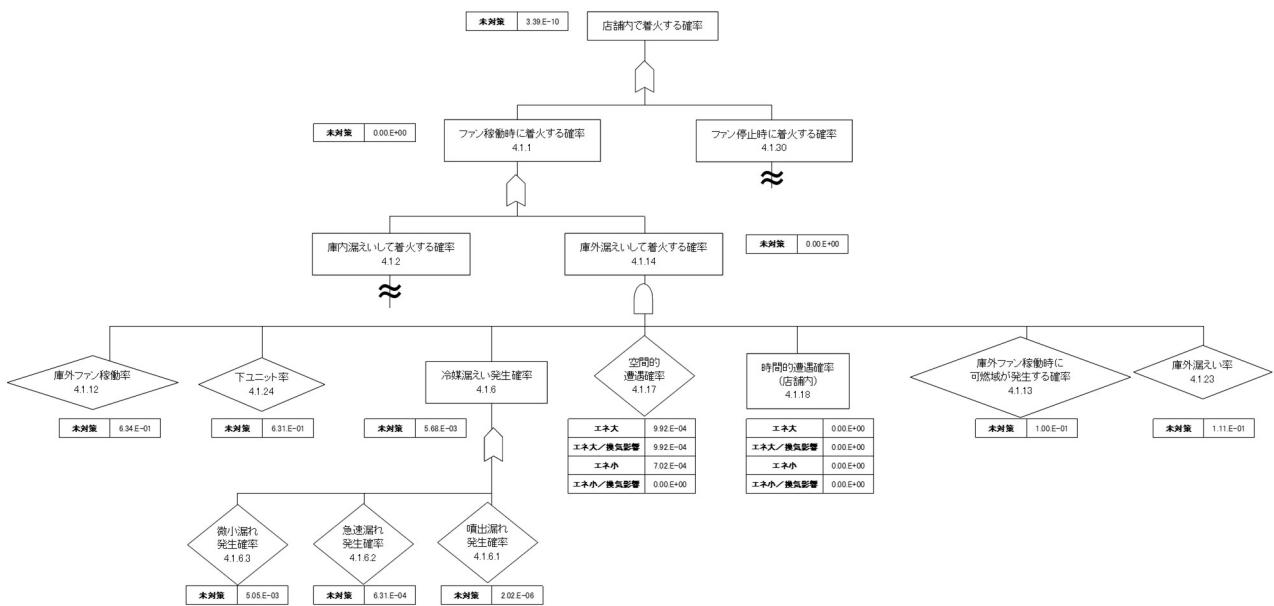


Fig. 4-12-38 ファン稼働中の庫外漏えい時の FTA (解析⑨)

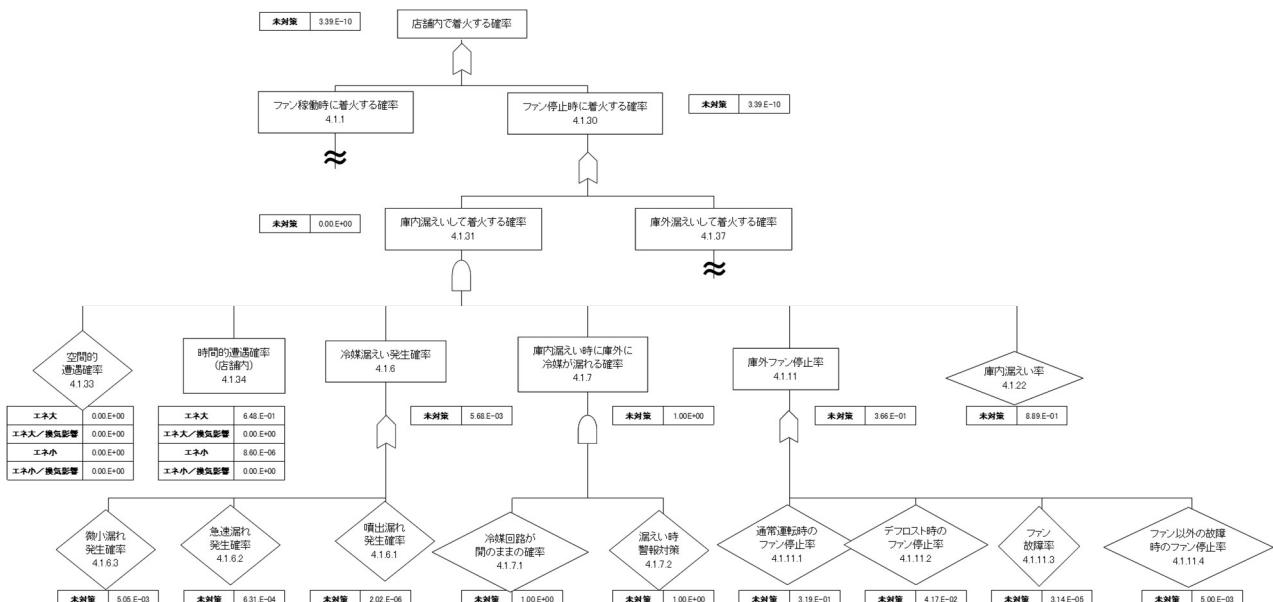


Fig. 4-12-39 ファン停止中の庫内漏えい時の FTA (解析⑨)

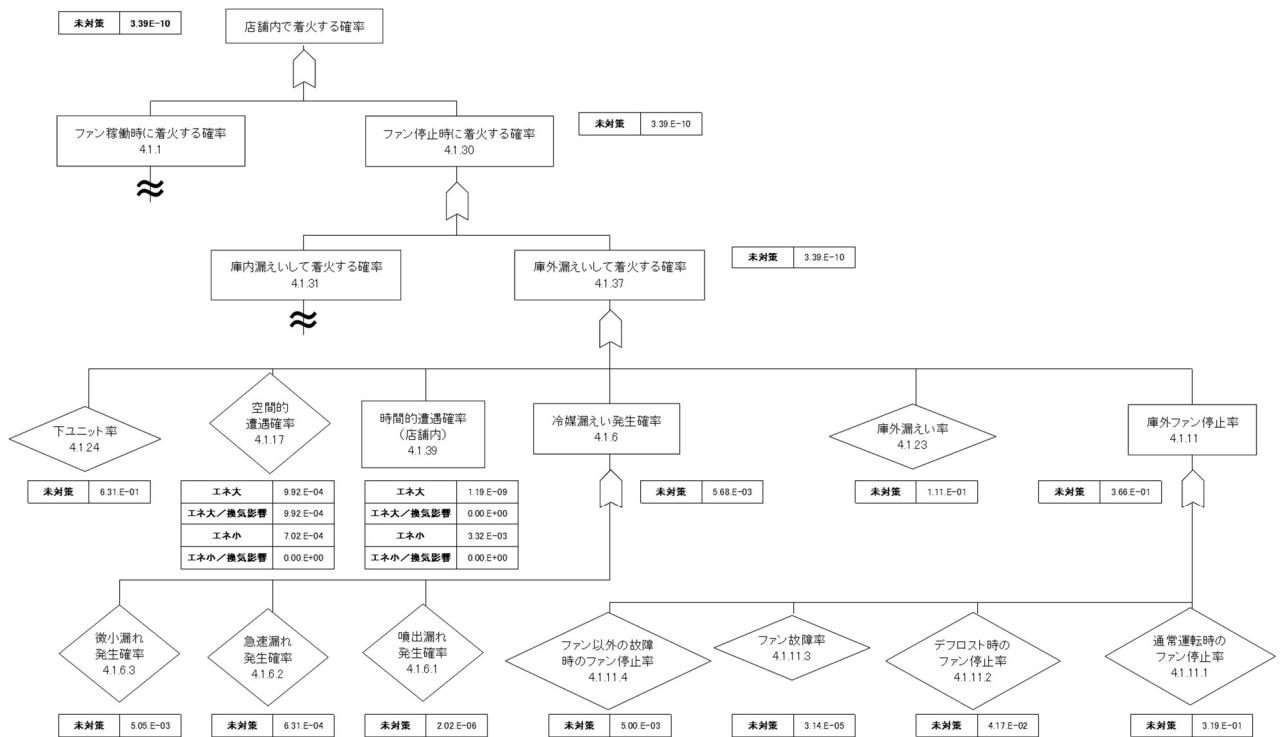


Fig. 4-12-40 ファン停止中の庫外漏えい時の FTA (解析⑨)

※ ケース a の発生確率は $1.08 \times 10^{-9} \times (11.5/24) = \underline{\underline{5.18 \times 10^{-10}}}$

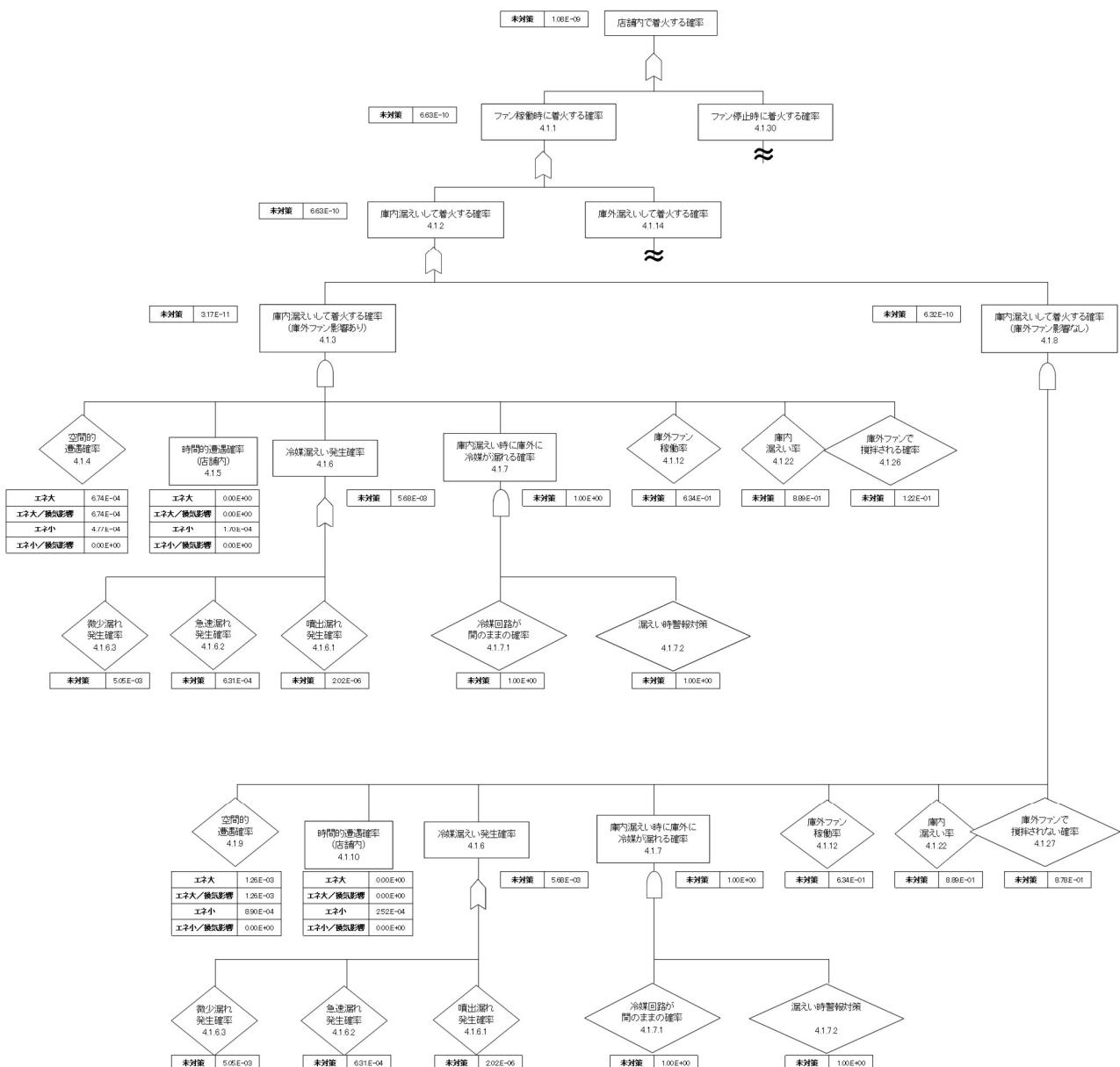


Fig. 4-12-41 ファン稼働中の庫内漏えい時のFTA (解析⑪, ⑫)

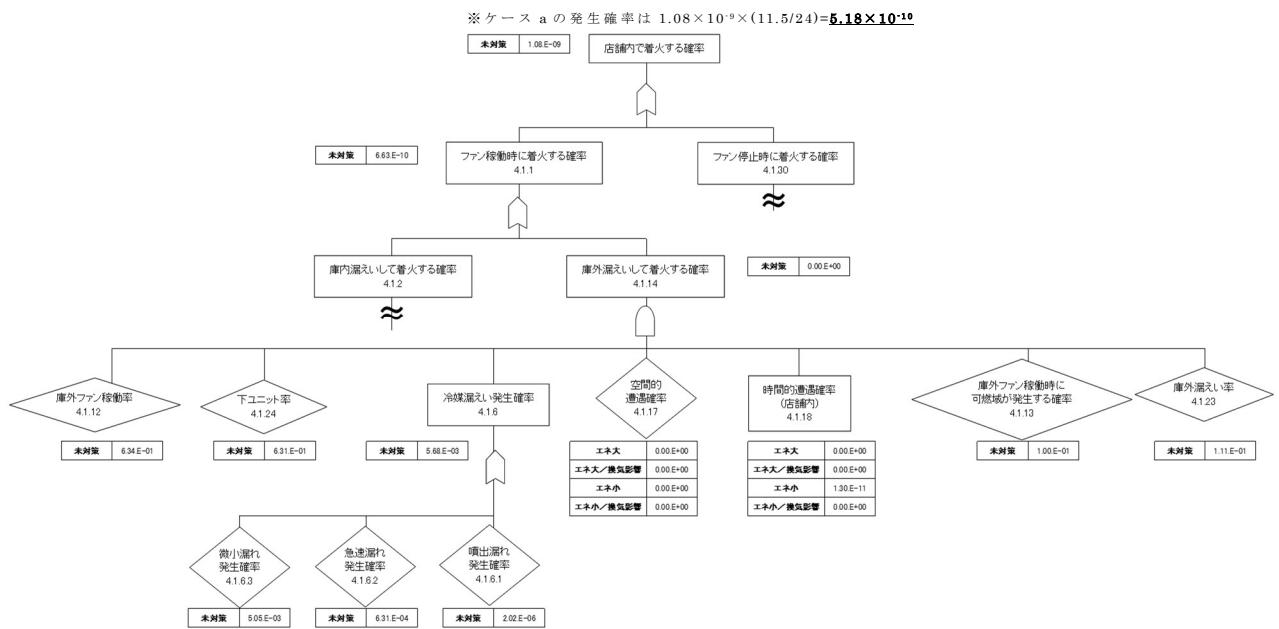


Fig. 4-12-42 ファン稼働中の庫外漏えい時の FTA (解析⑪, ⑫)

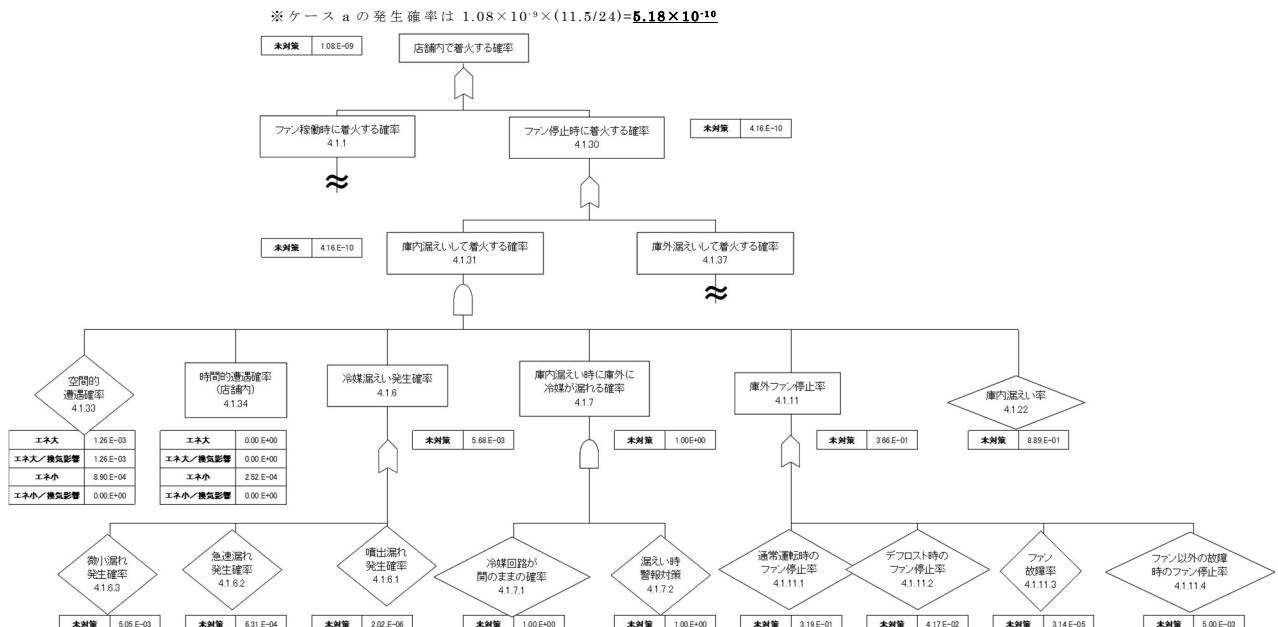


Fig. 4-12-43 ファン停止中の庫内漏えい時の FTA (解析⑪, ⑫)

※ケース a の発生確率は $1.08 \times 10^{-9} \times (11.5/24) = \underline{\underline{5.18 \times 10^{-10}}}$

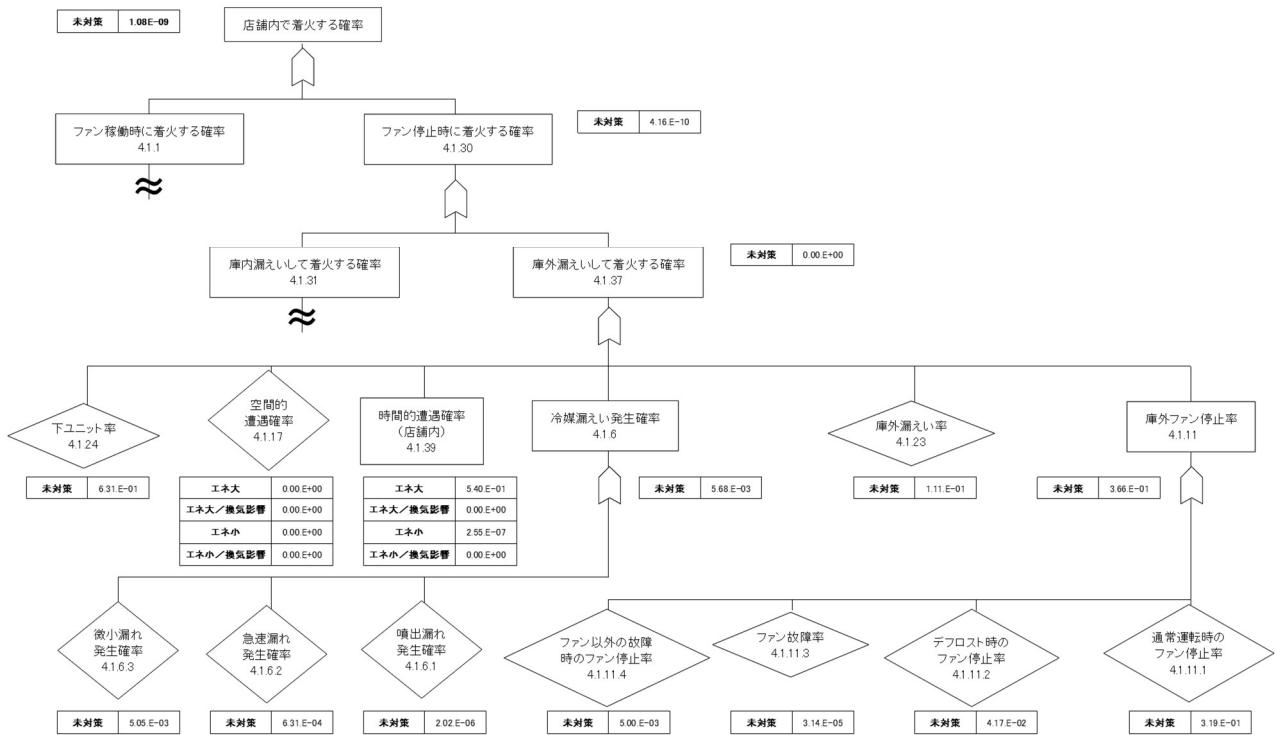


Fig. 4-12-44 ファン停止中の庫外漏えい時の FTA (解析⑪, ⑫)

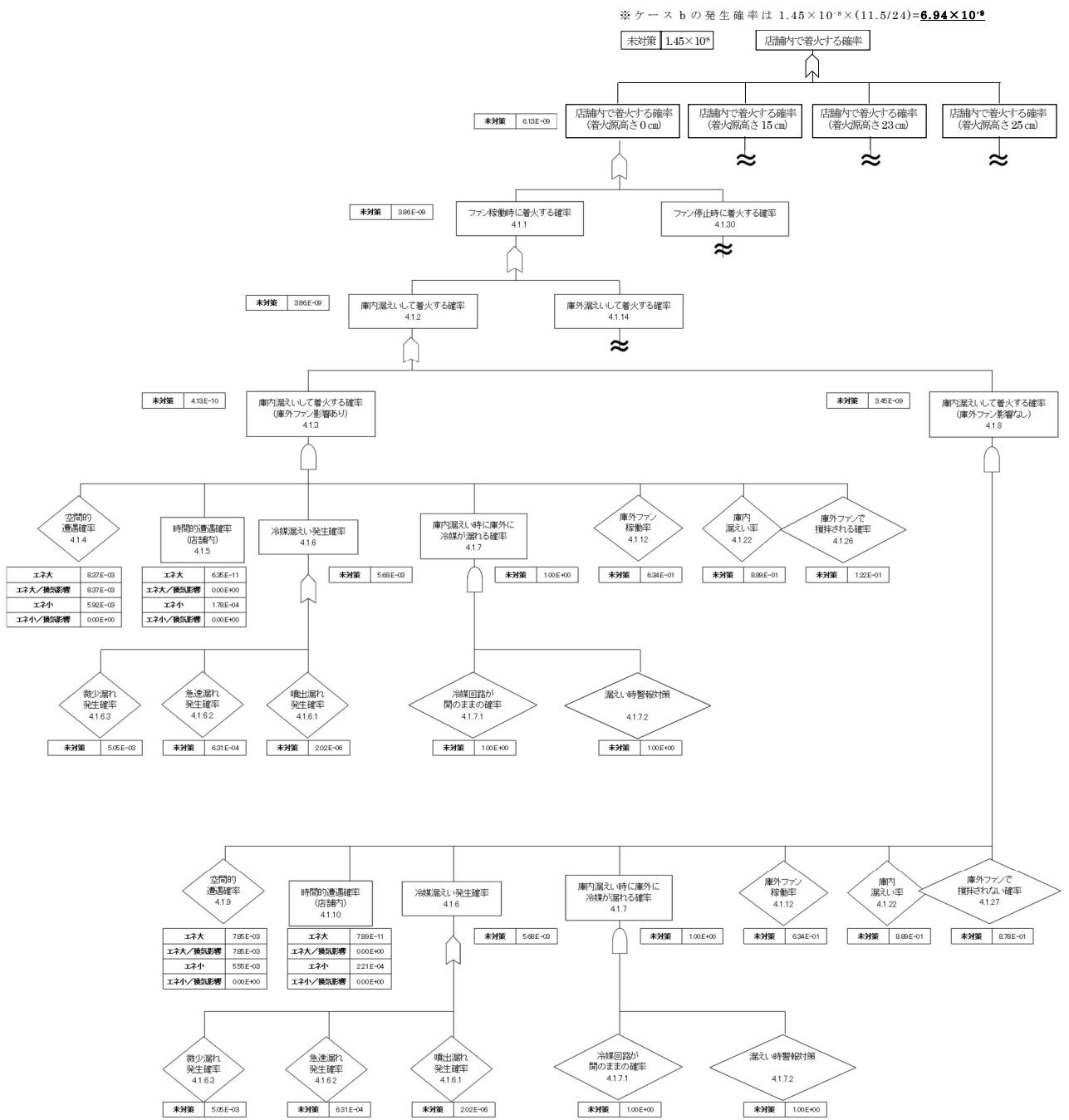


Fig. 4-12-45 ファン稼働中の庫内漏えい時の FTA (解析⑬, ⑭ 0 cm)

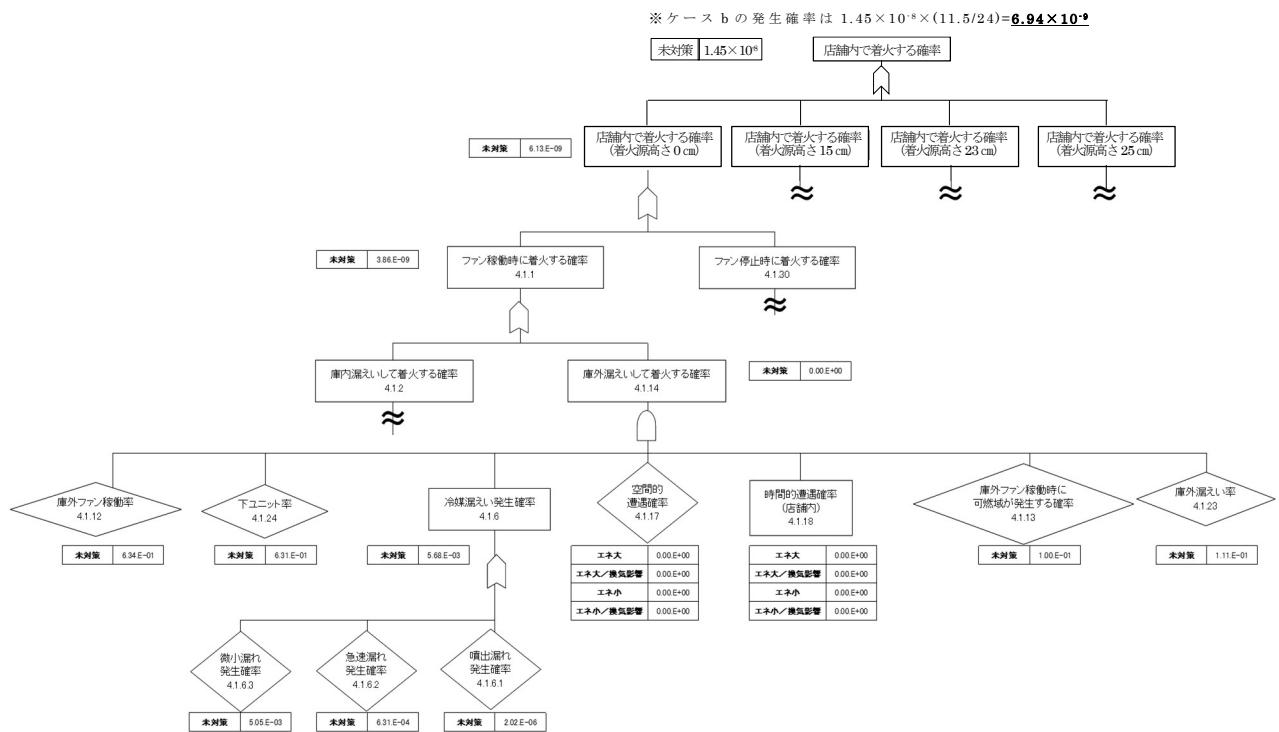


Fig. 4-12-46 ファン稼働中の庫外漏えい時の FTA (解析⑬, ⑭ 0 cm)

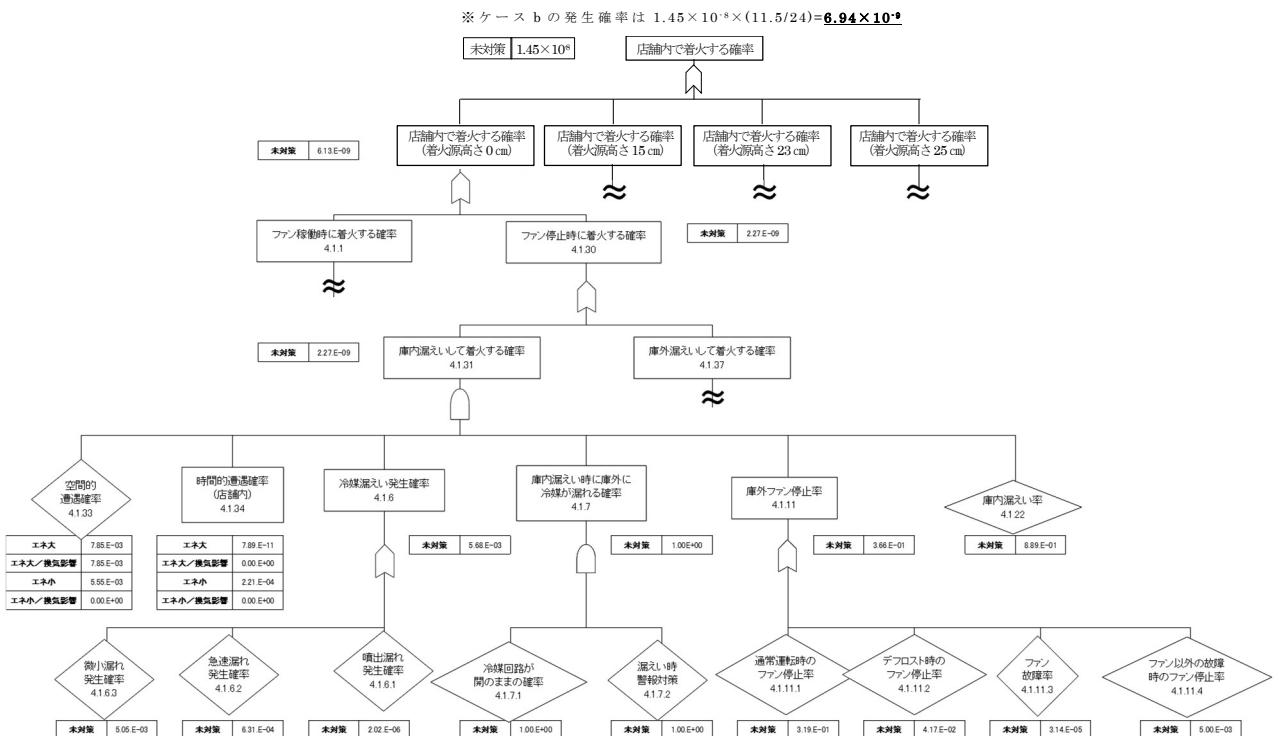


Fig. 4-12-47 ファン停止中の庫内漏えい時の FTA (解析⑬, ⑭ 0 cm)

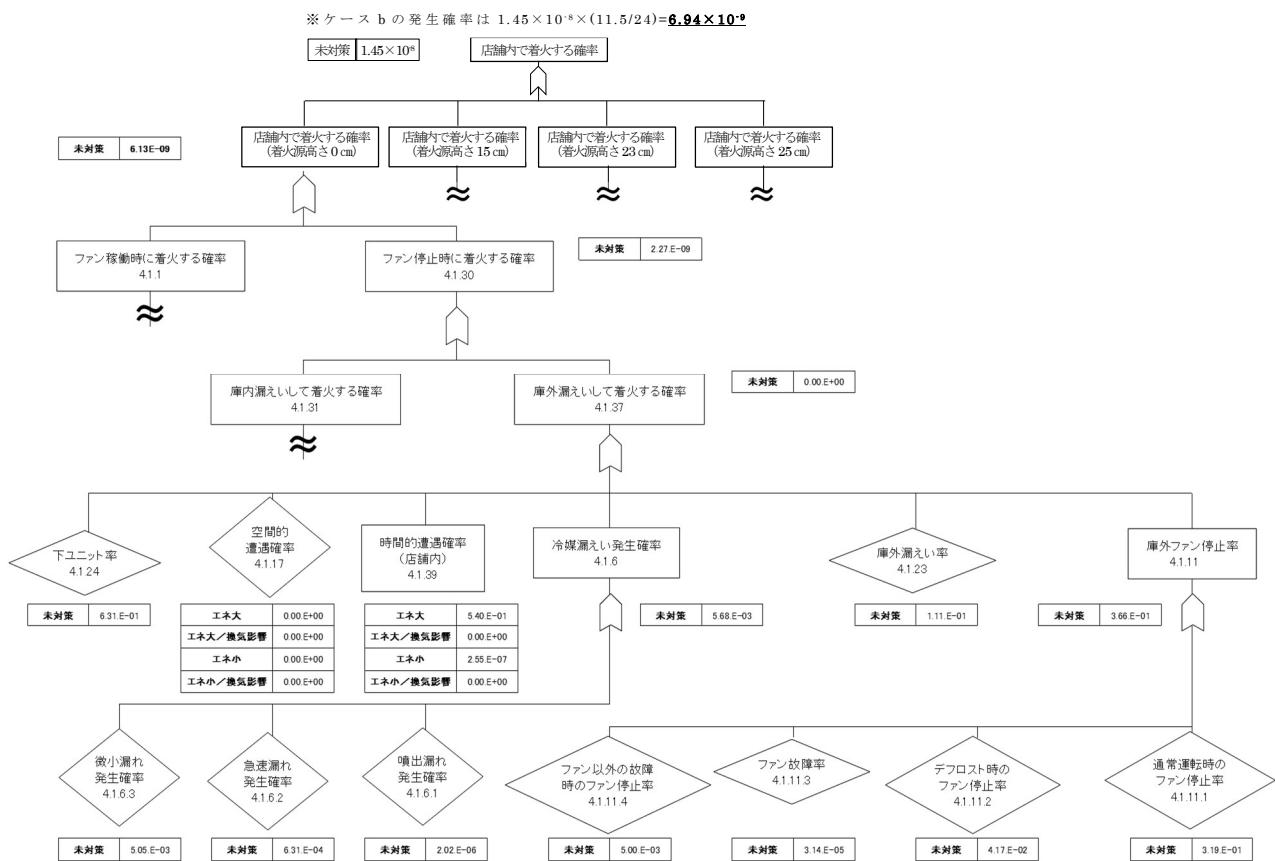


Fig. 4-12-48 ファン停止中の庫外漏えい時の FTA (解析⑬, ⑭ 0 cm)

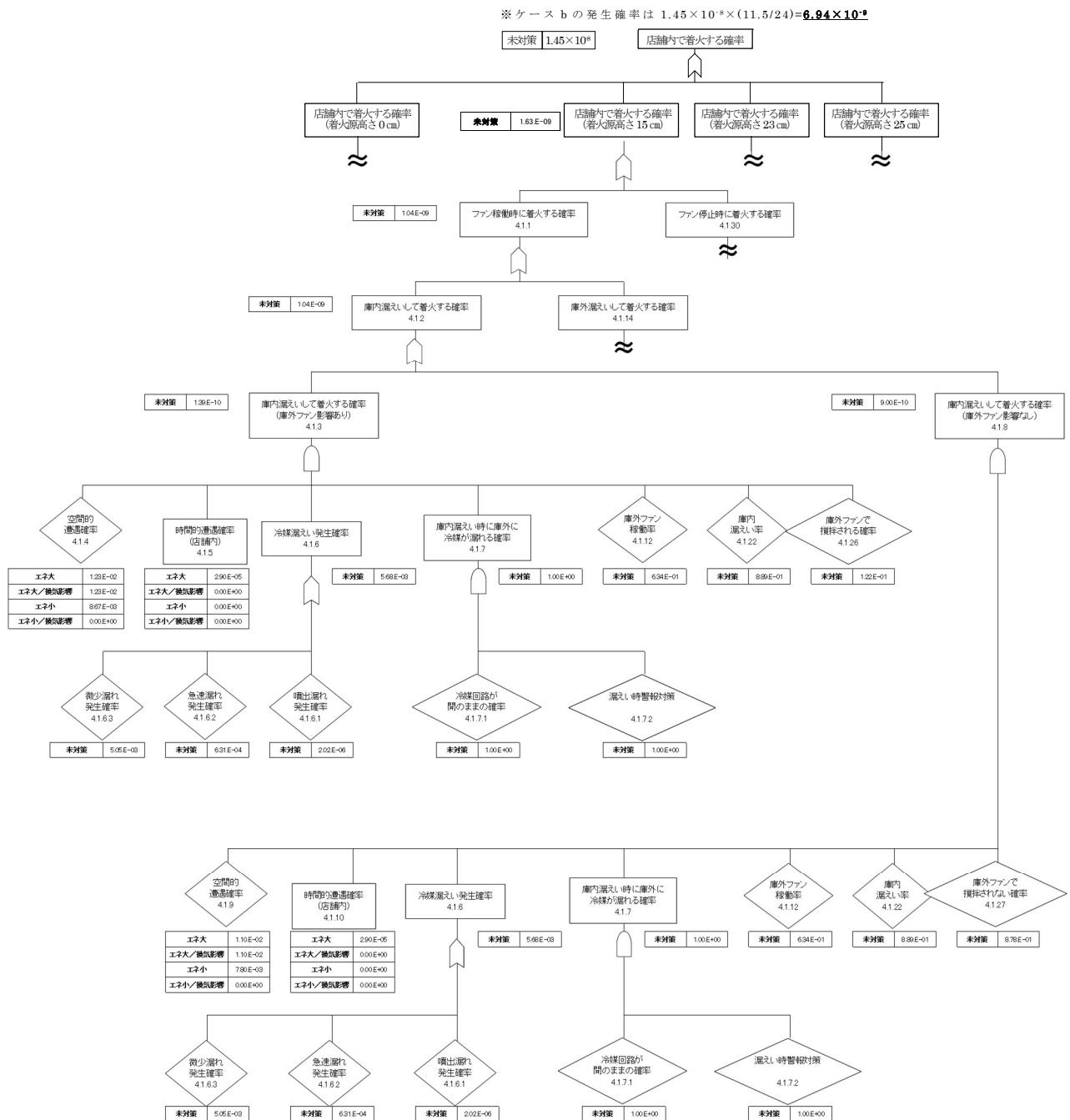


Fig. 4-12-49 ファン稼働中の庫内漏えい時の FTA (解析⑬, ⑭ 15 cm)

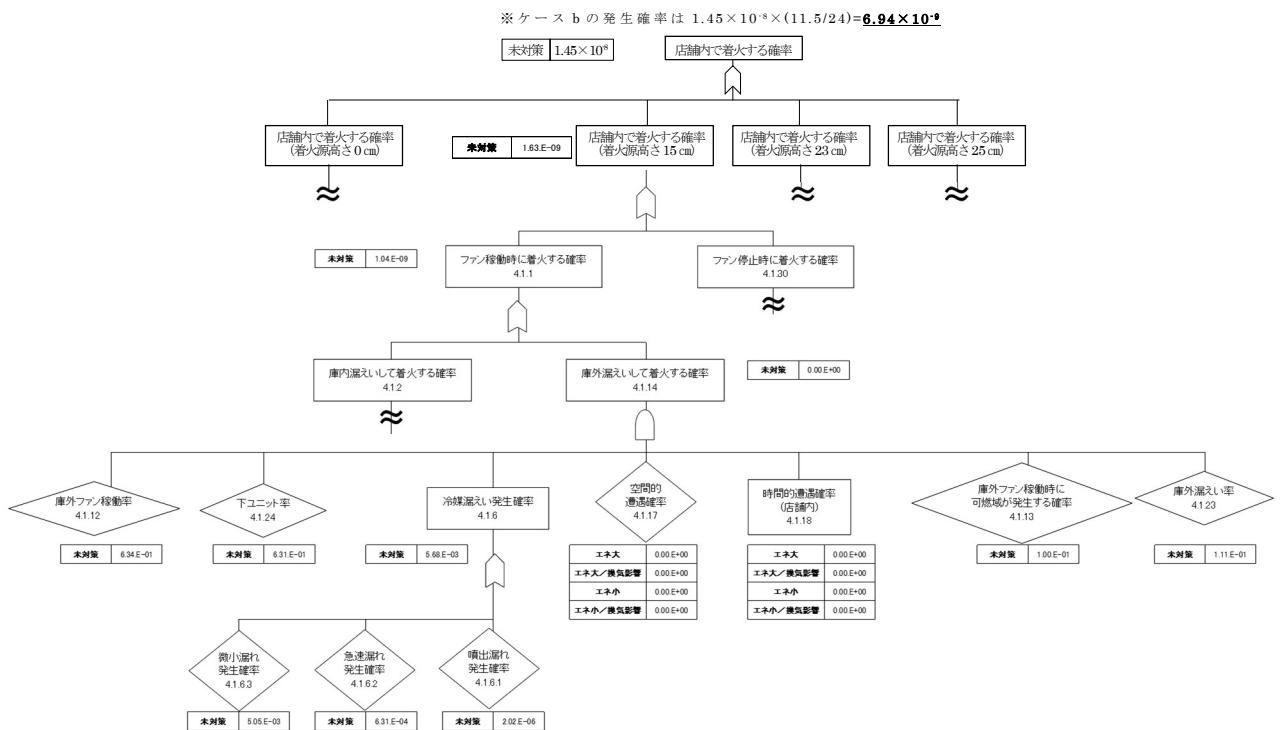


Fig. 4-12-50 ファン稼働中の庫外漏えい時の FTA (解析⑬, ⑭ 15 cm)

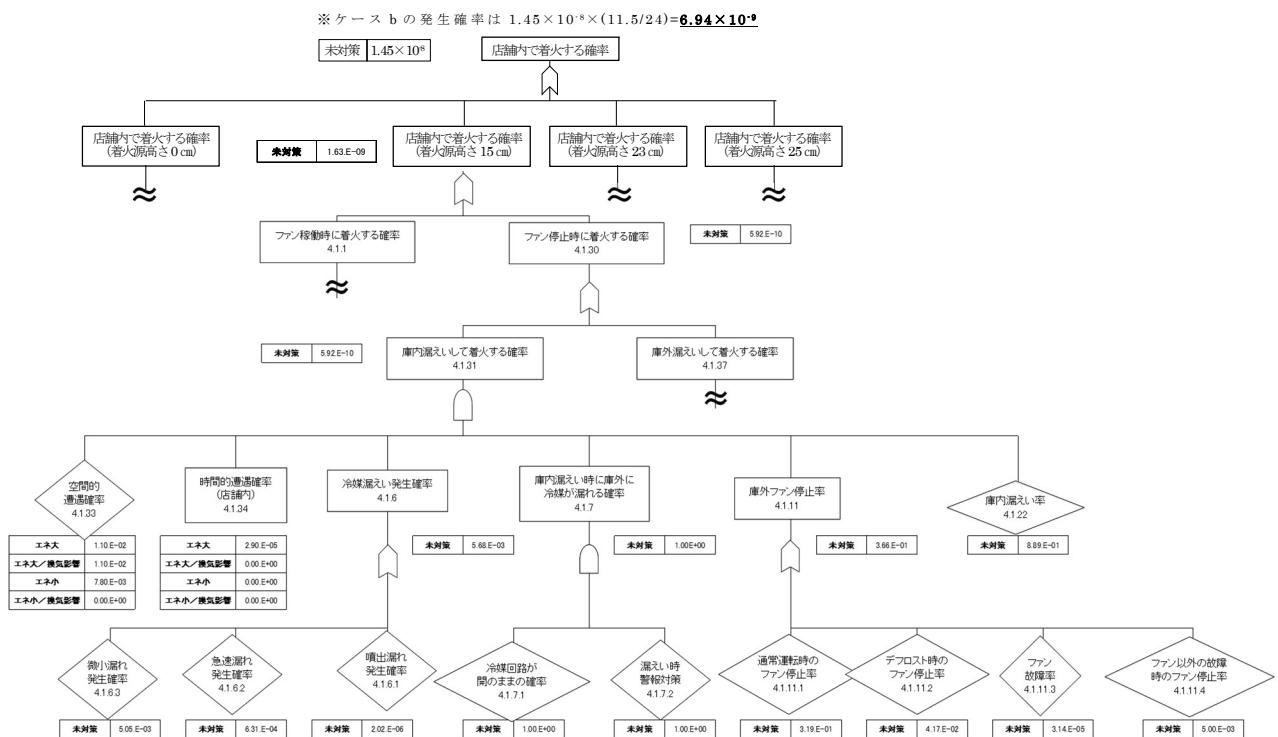


Fig. 4-12-51 ファン停止中の庫内漏えい時の FTA (解析⑬, ⑭ 15 cm)

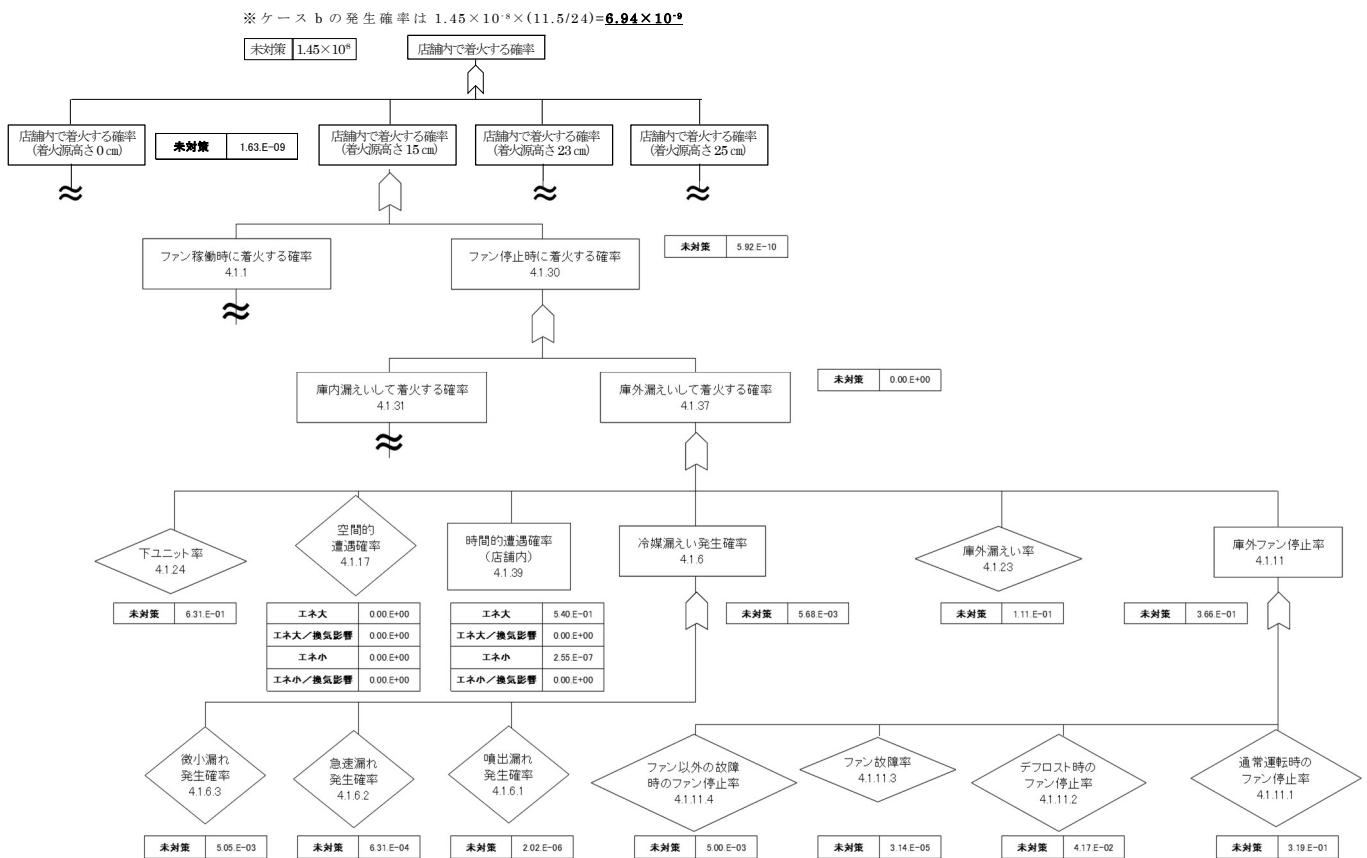


Fig. 4-12-52 ファン停止中の庫外漏えい時のFTA (解析⑬, ⑭ 15 cm)

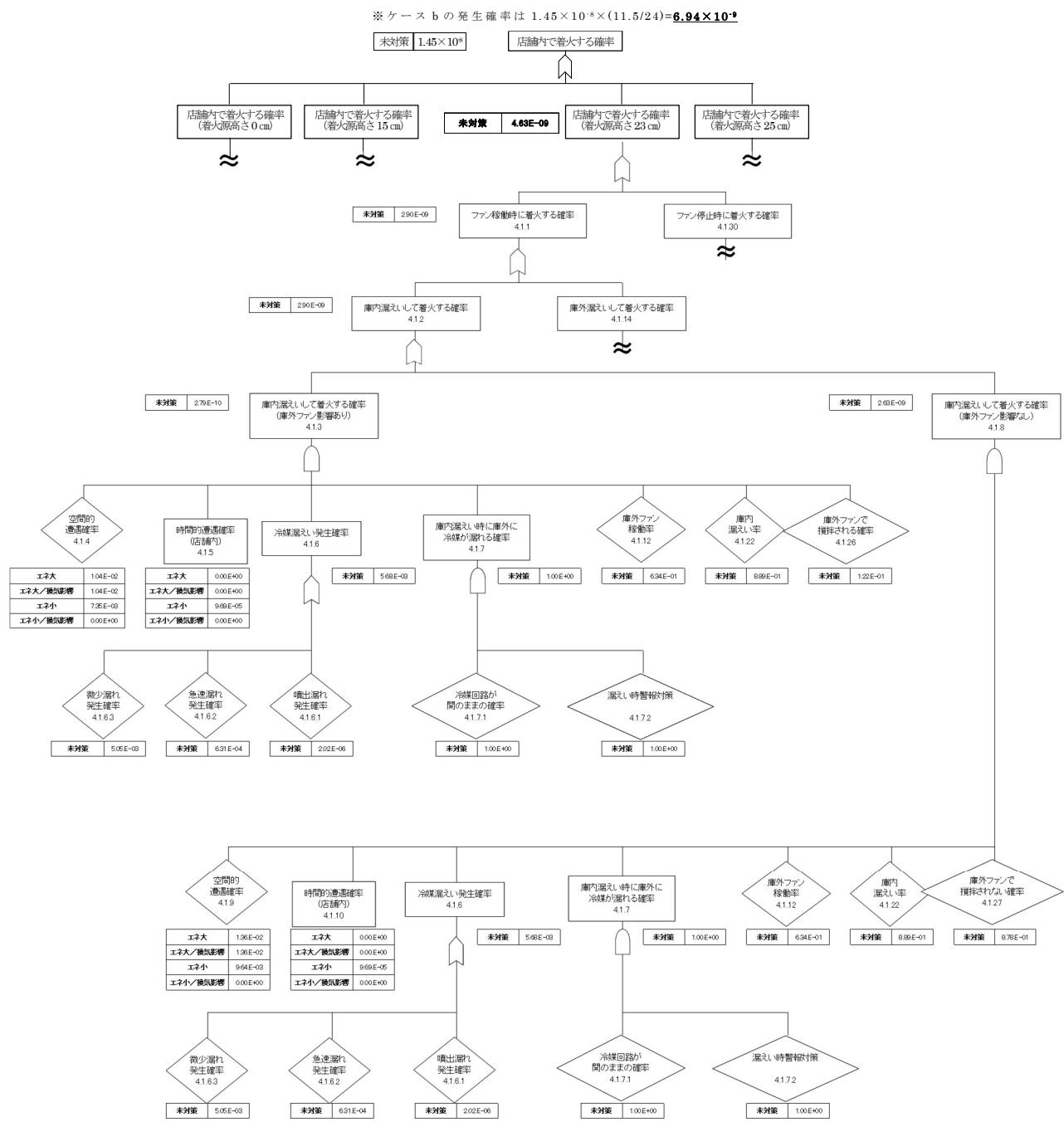


Fig. 4-12-53 ファン稼働中の庫内漏えい時のFTA (解析⑬, ⑭ 23 cm)

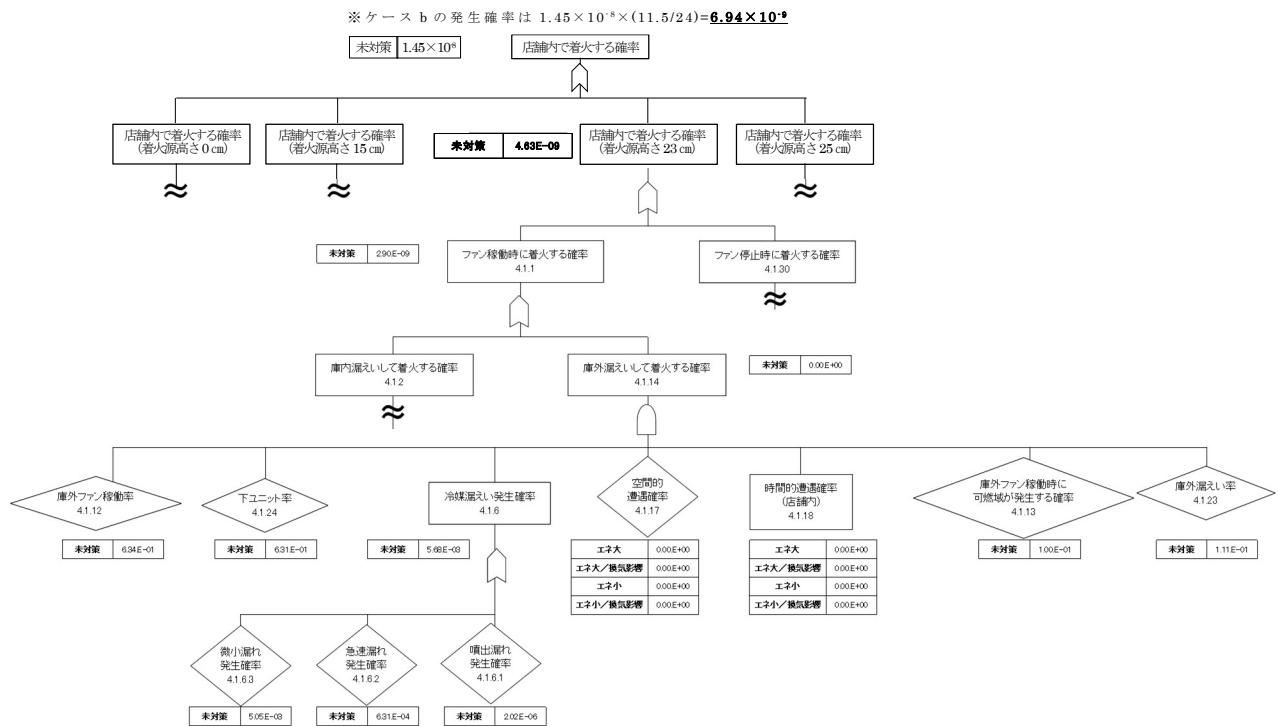


Fig. 4-12-54 ファン稼働中の庫外漏えい時の FTA (解析⑬, ⑭ 23 cm)

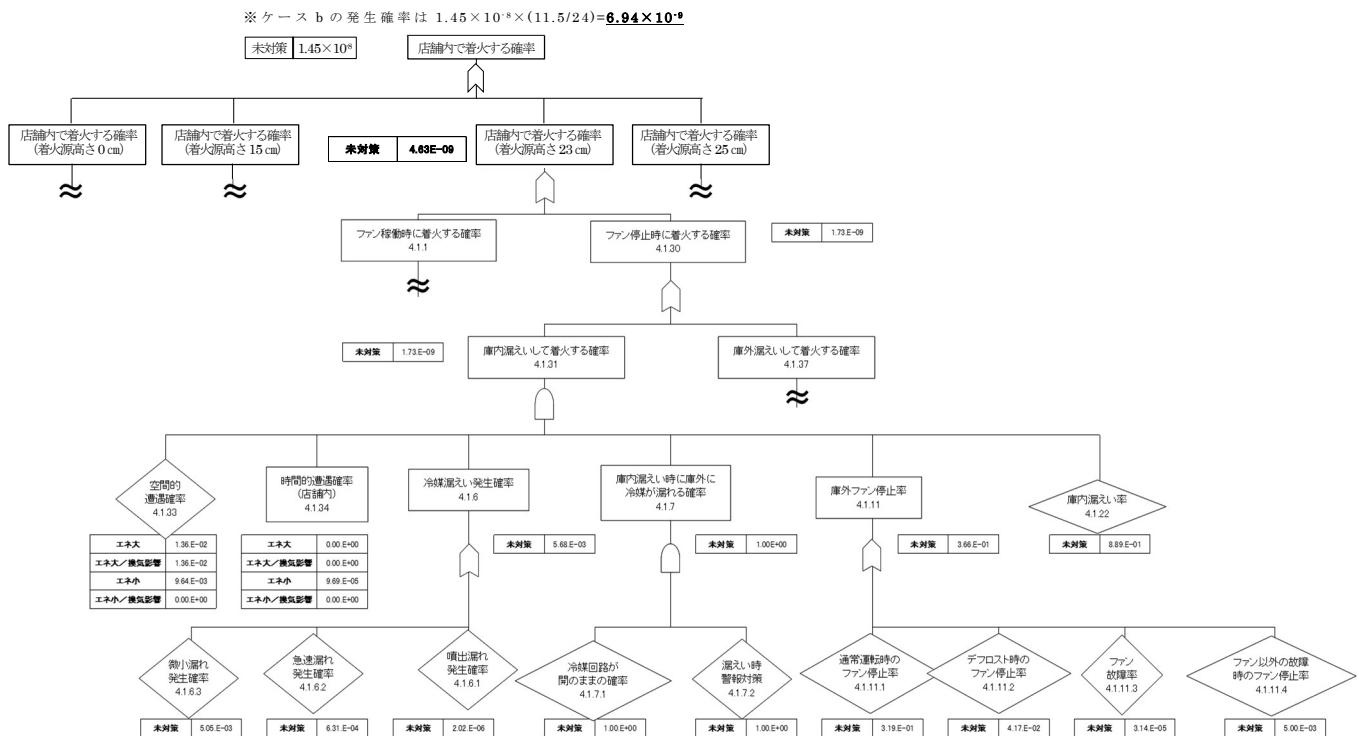


Fig. 4-12-55 ファン停止中の庫内漏えい時の FTA (解析⑬, ⑭ 23 cm)

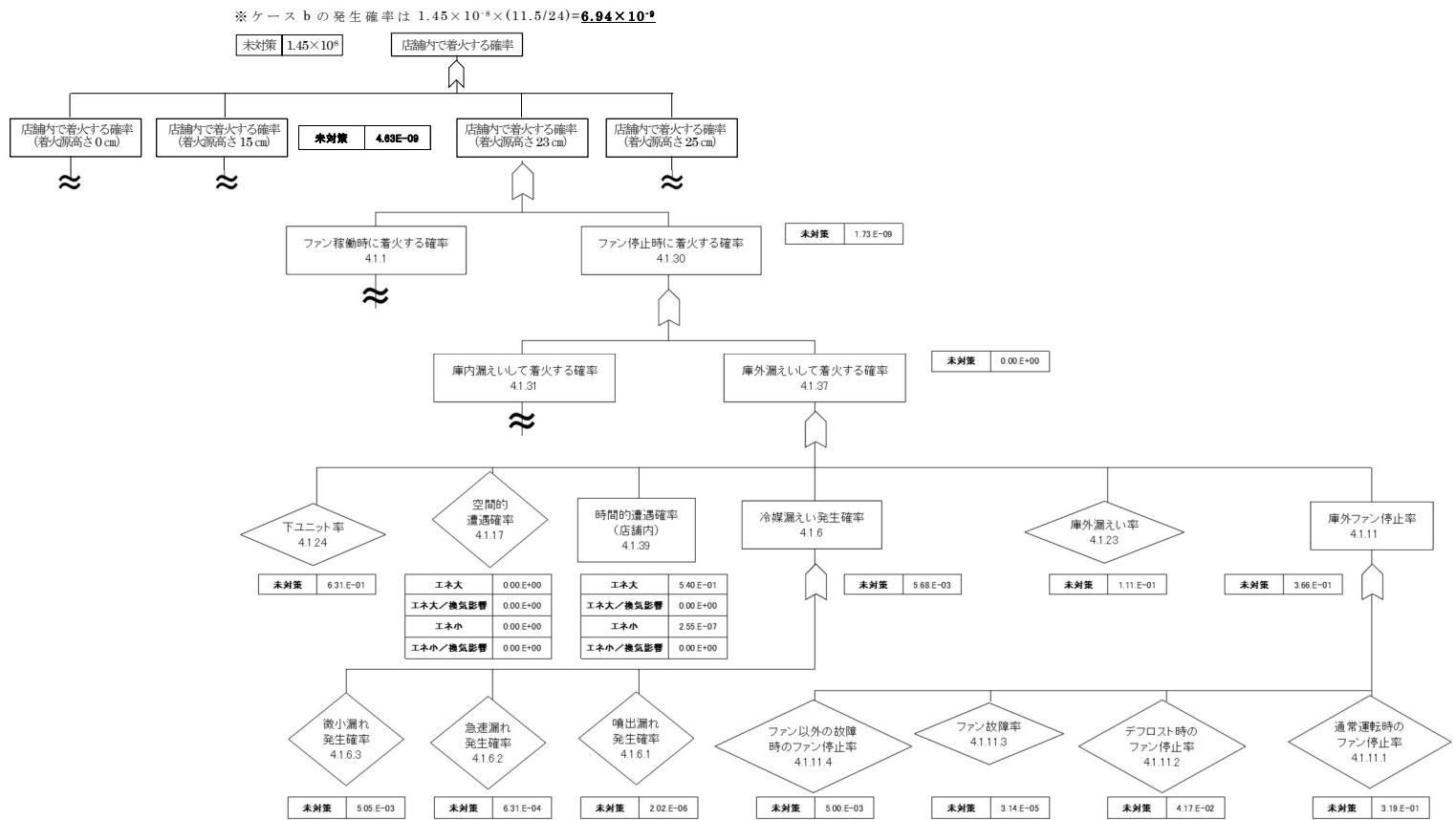


Fig. 4-12-56 ファン停止中の庫外漏えい時の FTA (解析⑬, ⑭ 23 cm)

※ ケース b の発生確率は $1.45 \times 10^{-8} \times (11.5/24) = 6.94 \times 10^{-9}$

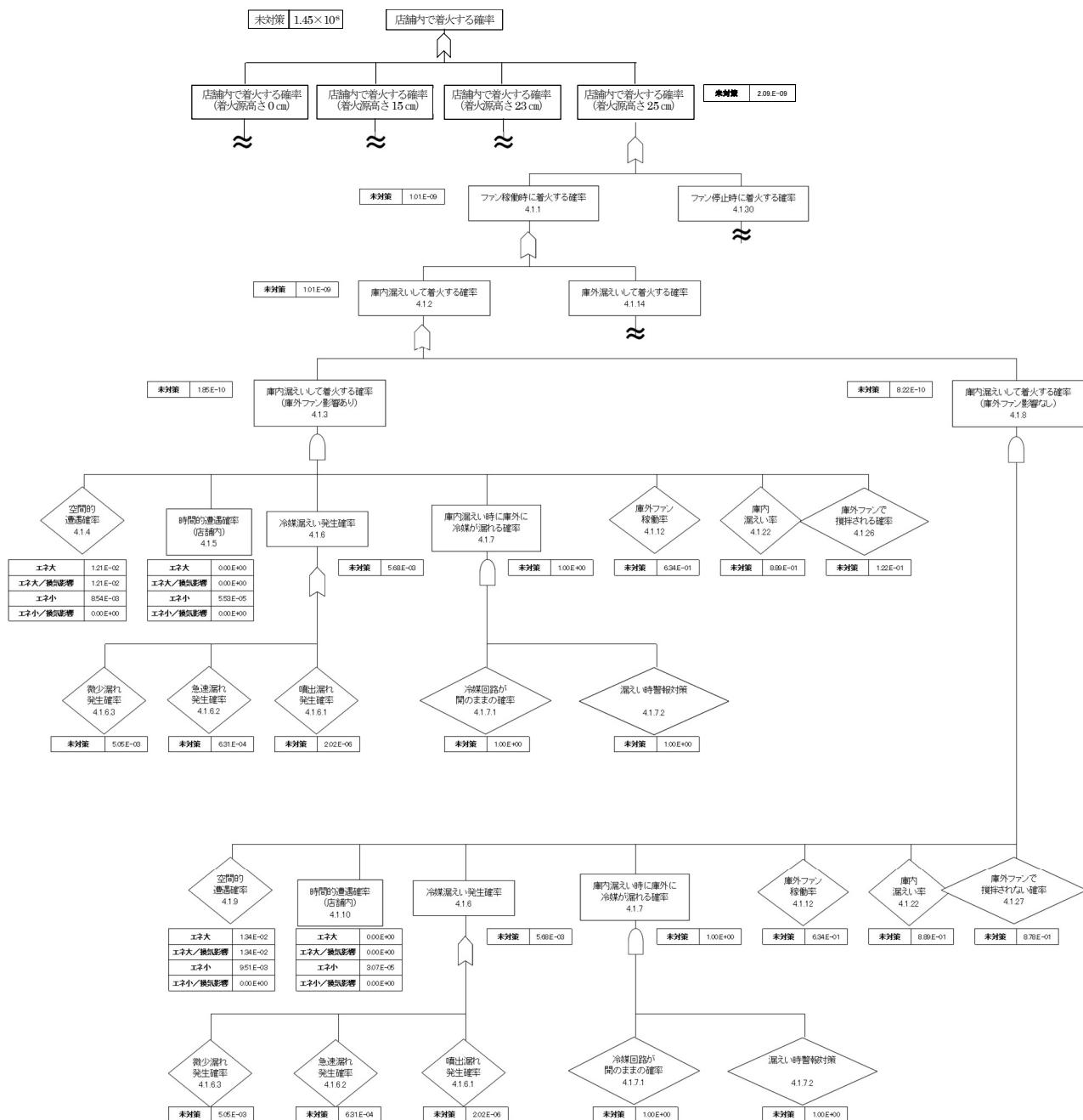


Fig. 4-12-57 ファン稼働中の庫内漏えい時のFTA (解析⑬, ⑭ 25 cm)

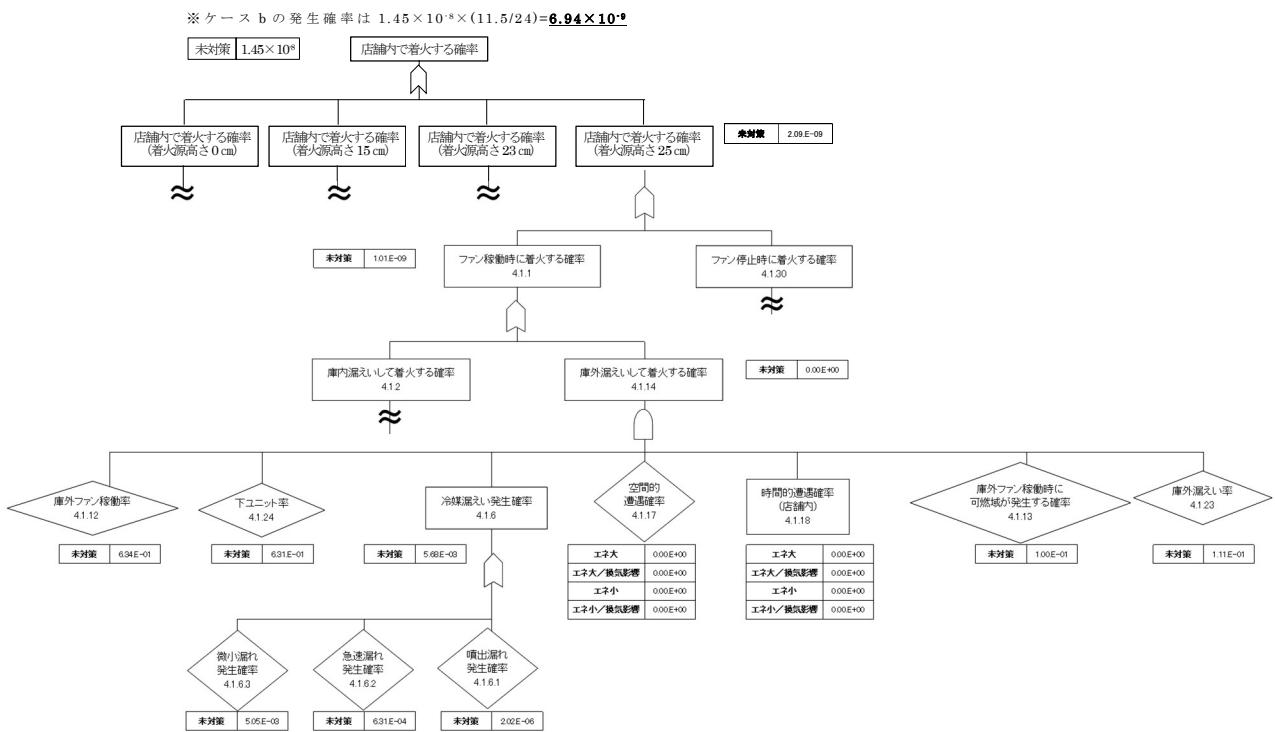


Fig. 4-12-58 ファン稼働中の庫外漏えい時の FTA (解析⑬, ⑭ 25 cm)

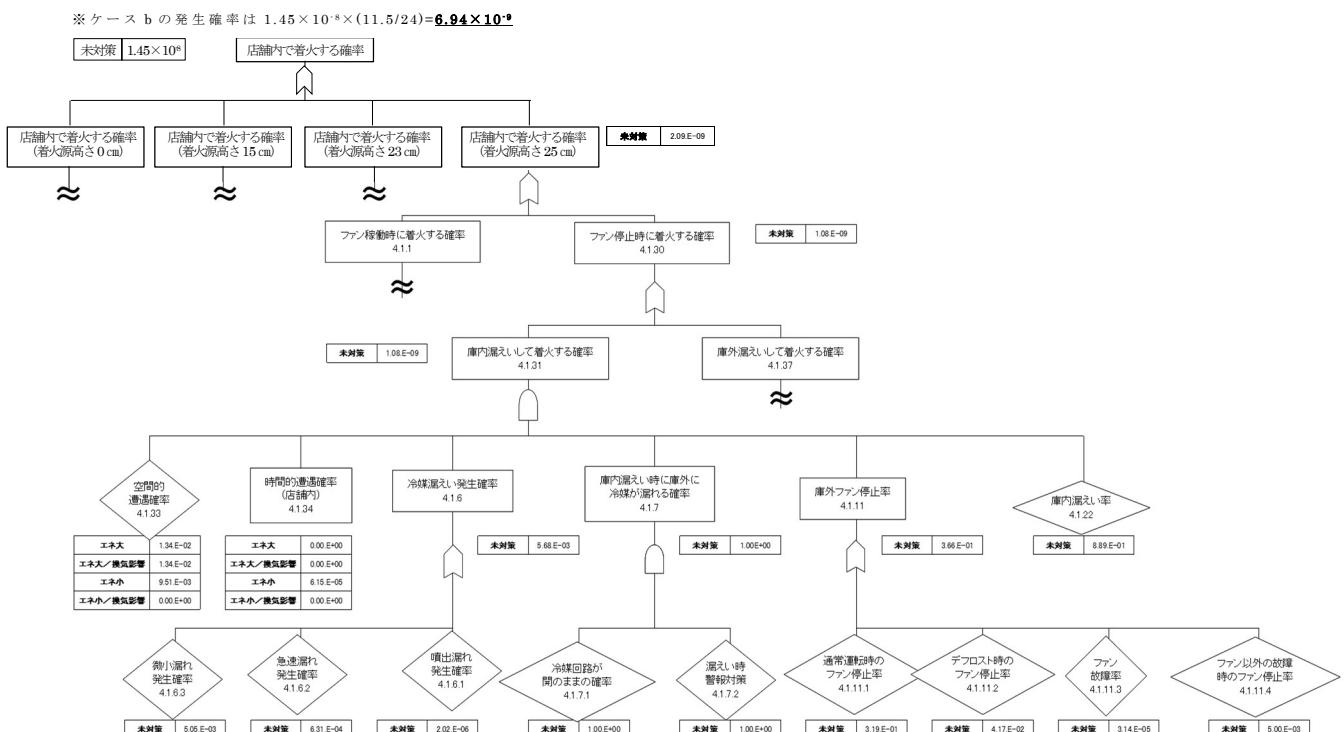


Fig. 4-12-59 ファン停止中の庫内漏えい時の FTA (解析⑬, ⑭ 25 cm)

※ ケース b の発生確率は $1.45 \times 10^{-8} \times (11.5/24) = \mathbf{8.94 \times 10^{-9}}$

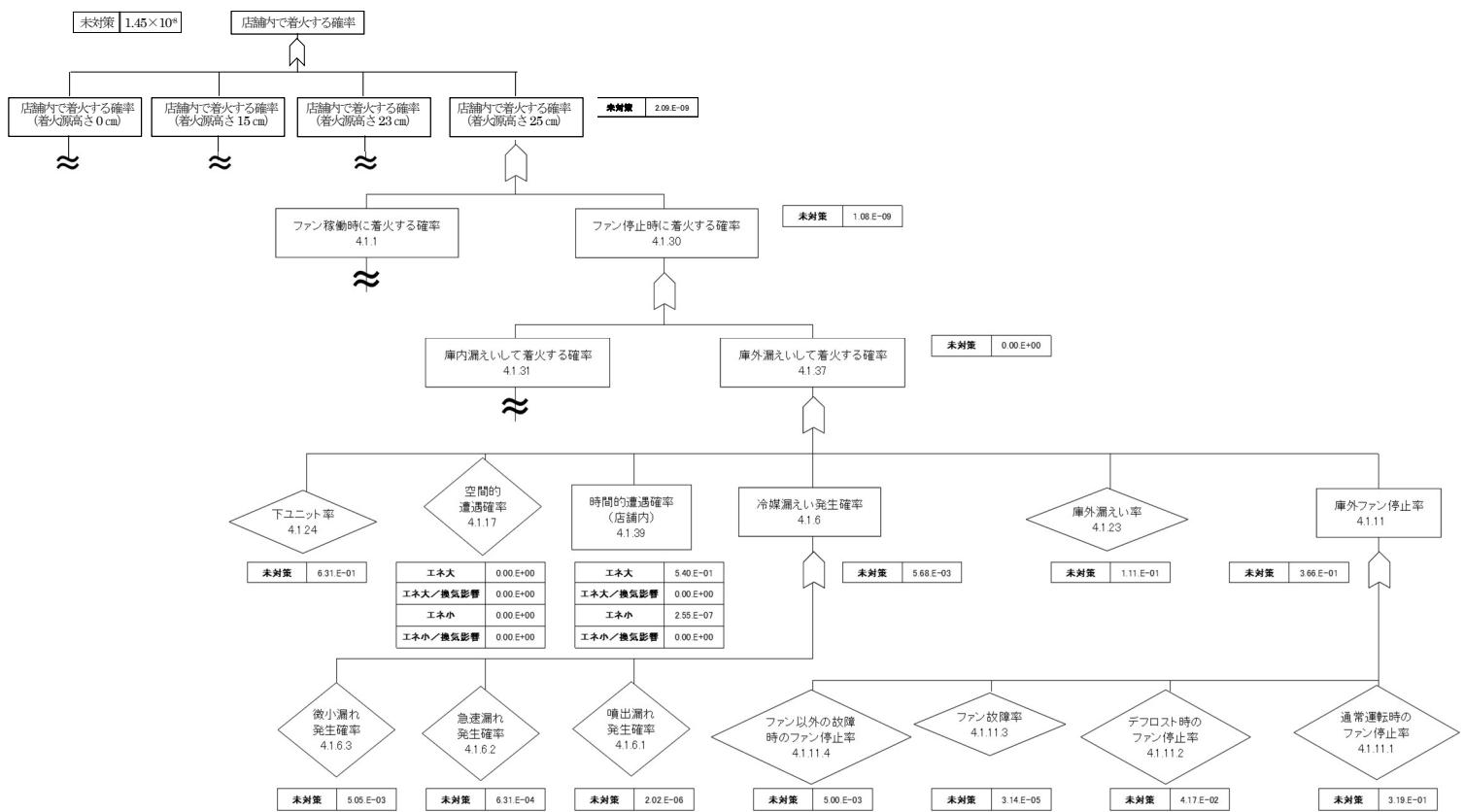


Fig. 4-12-60 ファン停止中の庫外漏えい時の FTA (解析⑬, ⑭ 25 cm)

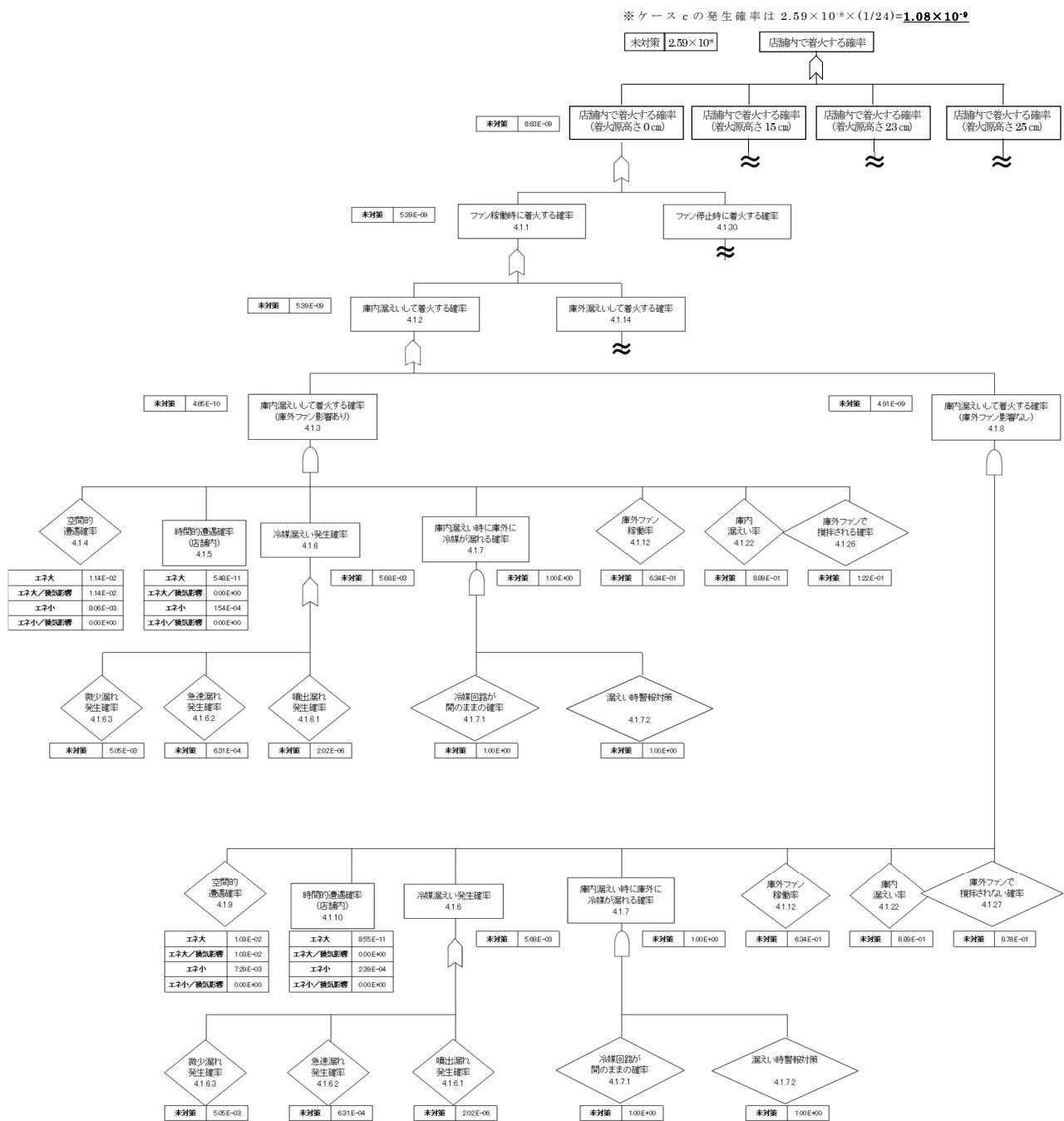


Fig. 4-12-61 ファン稼働中の庫内漏えい時のFTA (解析⑯, ⑯, 0 cm)

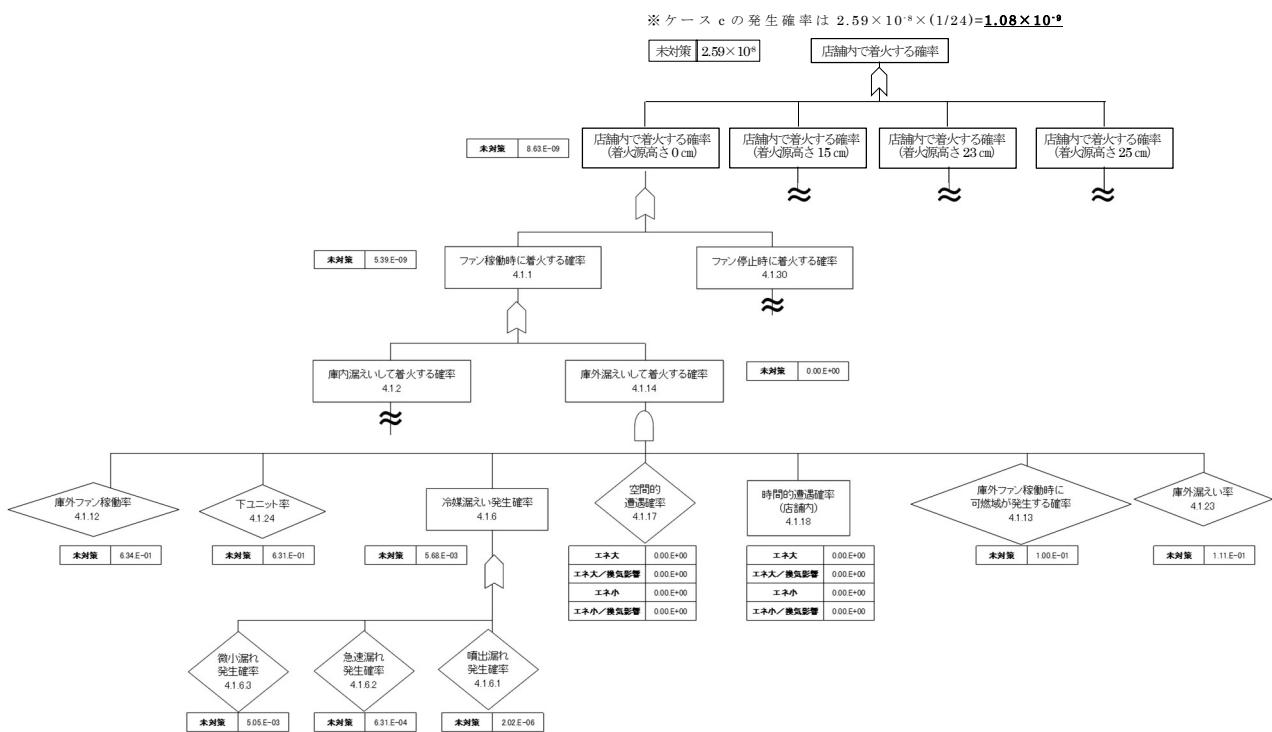


Fig. 4-12-62 ファン稼働中の庫外漏えい時の FTA (解析⑯, ⑯ 0 cm)

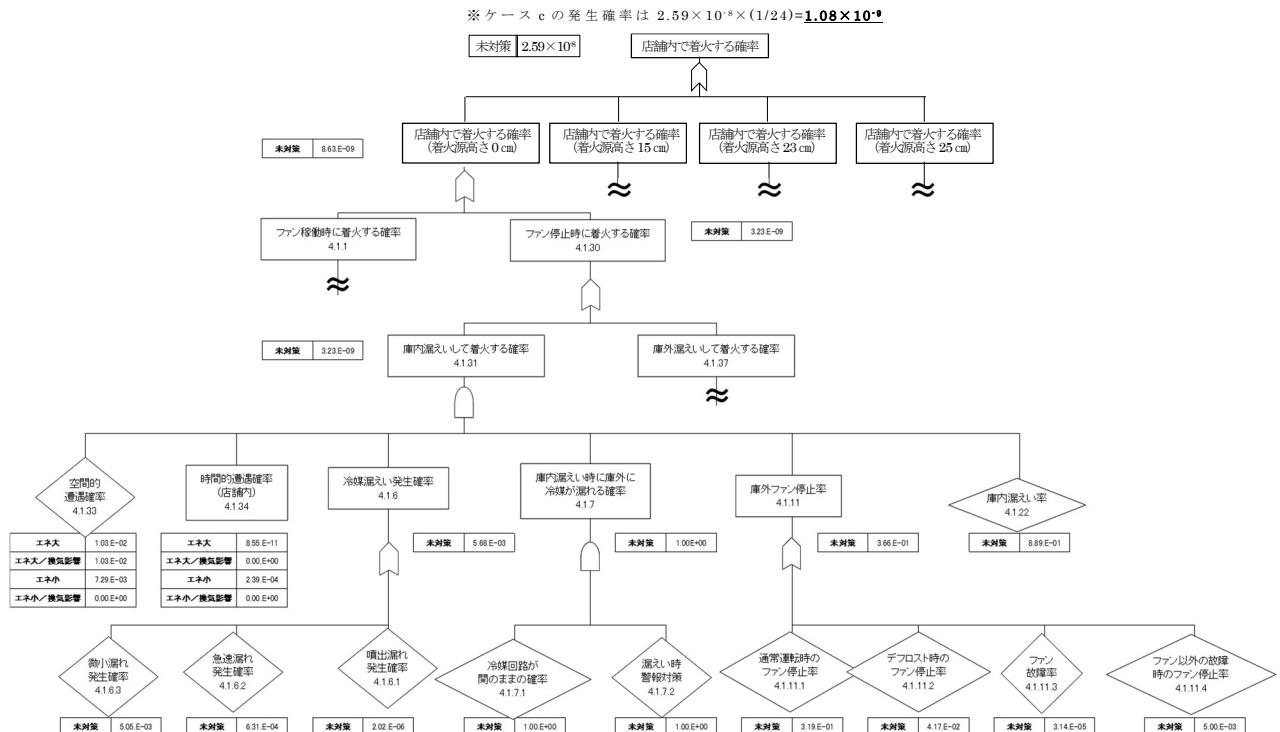


Fig. 4-12-63 ファン停止中の庫内漏えい時の FTA (解析⑯, ⑯ 0 cm)

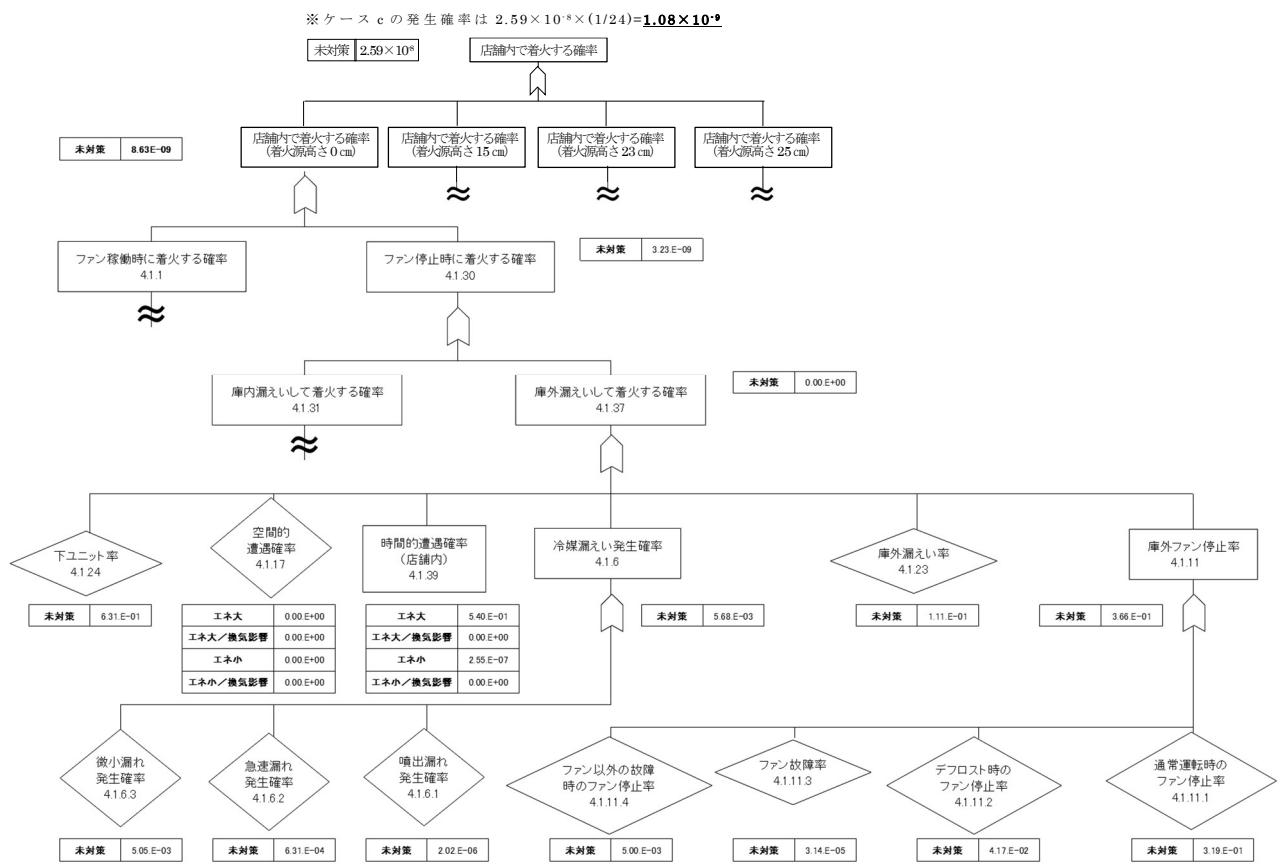


Fig. 4-12-64 ファン停止中の庫外漏えい時の FTA (解析⑯, ⑯ 0 cm)

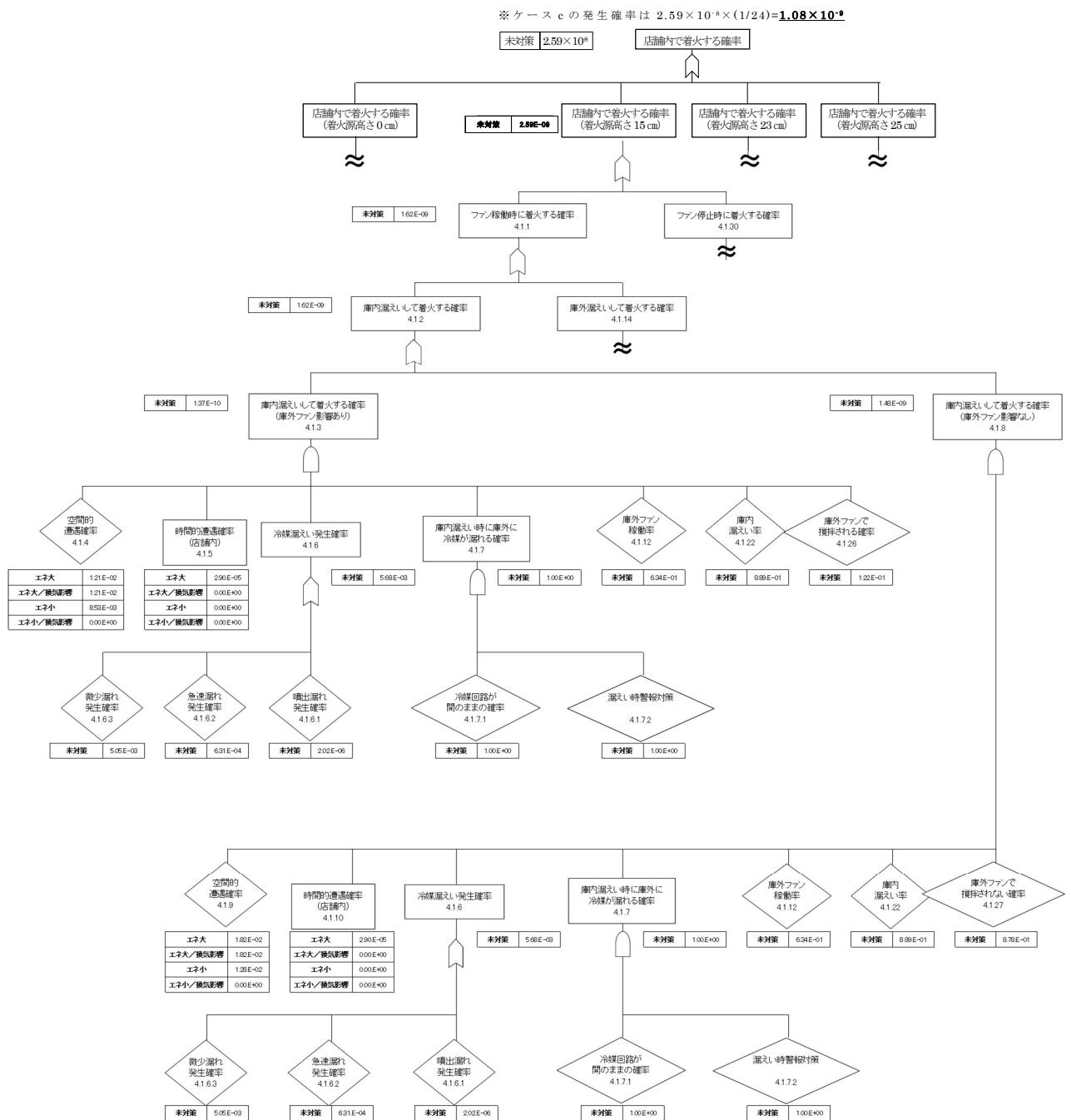


Fig. 4-12-65 ファン稼働中の庫内漏えい時のFTA（解析⑯, ⑯ 15 cm）

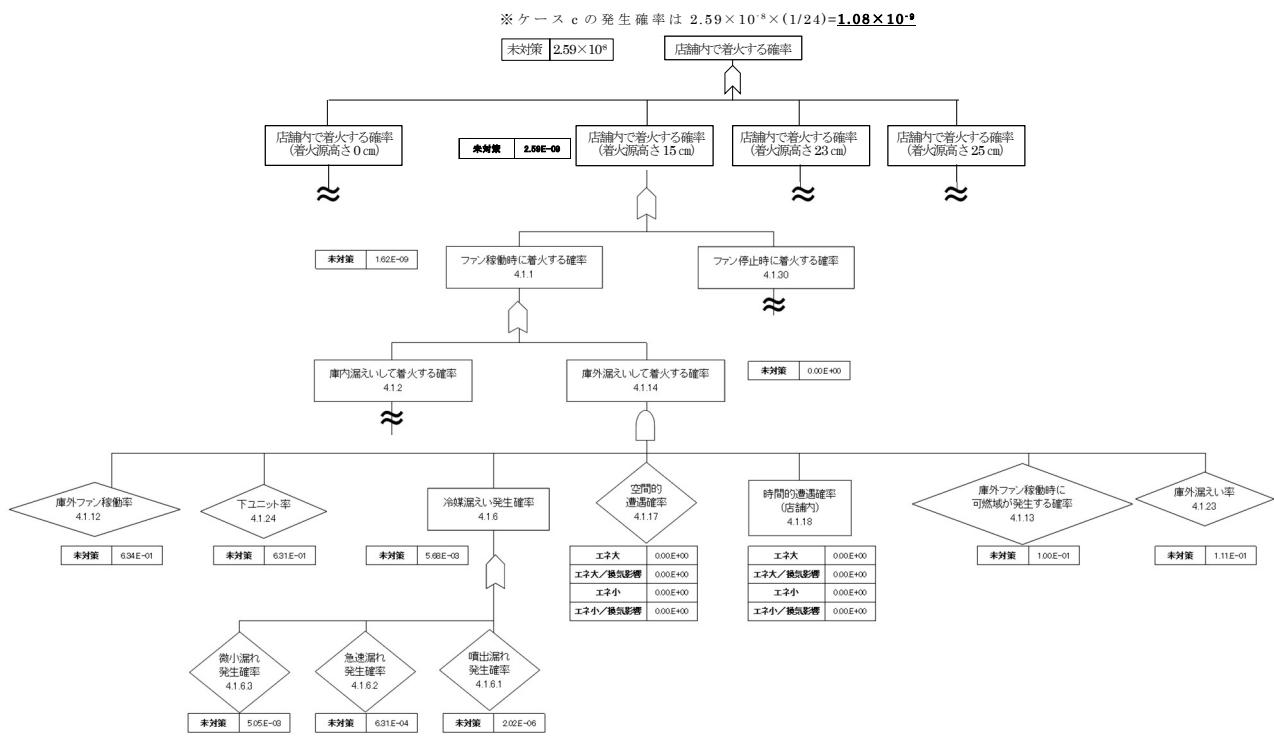


Fig. 4-12-66 ファン稼働中の庫外漏えい時の FTA (解析⑯, 15 cm)

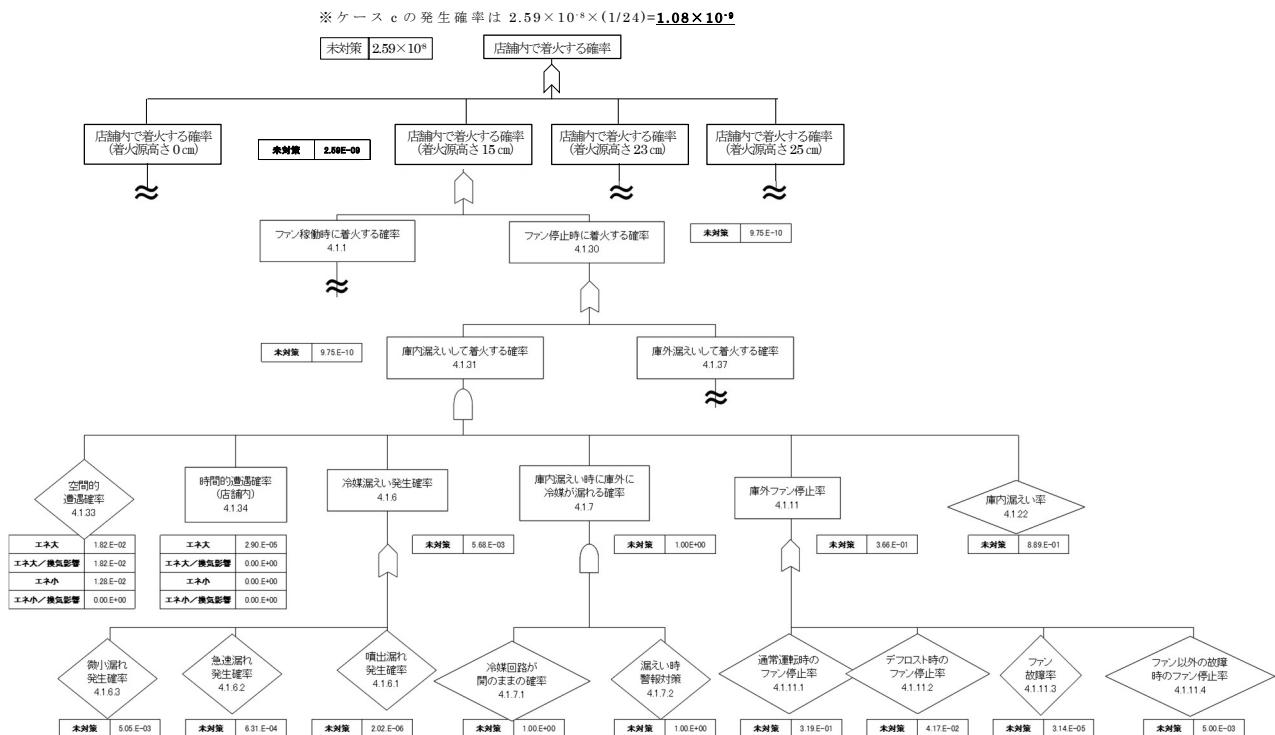


Fig. 4-12-67 ファン停止中の庫内漏えい時の FTA (解析⑯, 15 cm)

※ケースcの発生確率は $2.59 \times 10^{-8} \times (1/24) = 1.08 \times 10^{-9}$

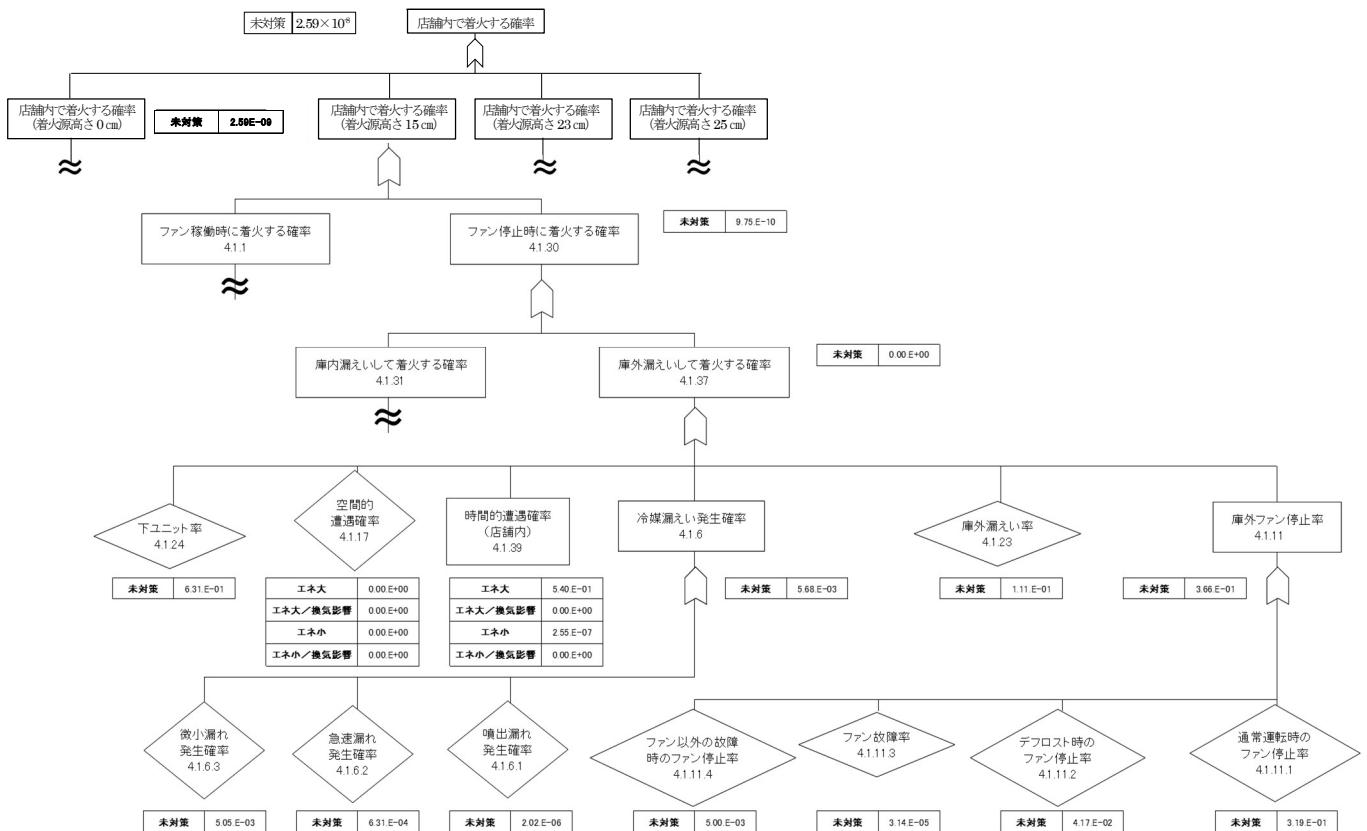


Fig. 4-12-68 ファン停止中の庫外漏えい時のFTA (解析⑯, ⑯ 15 cm)

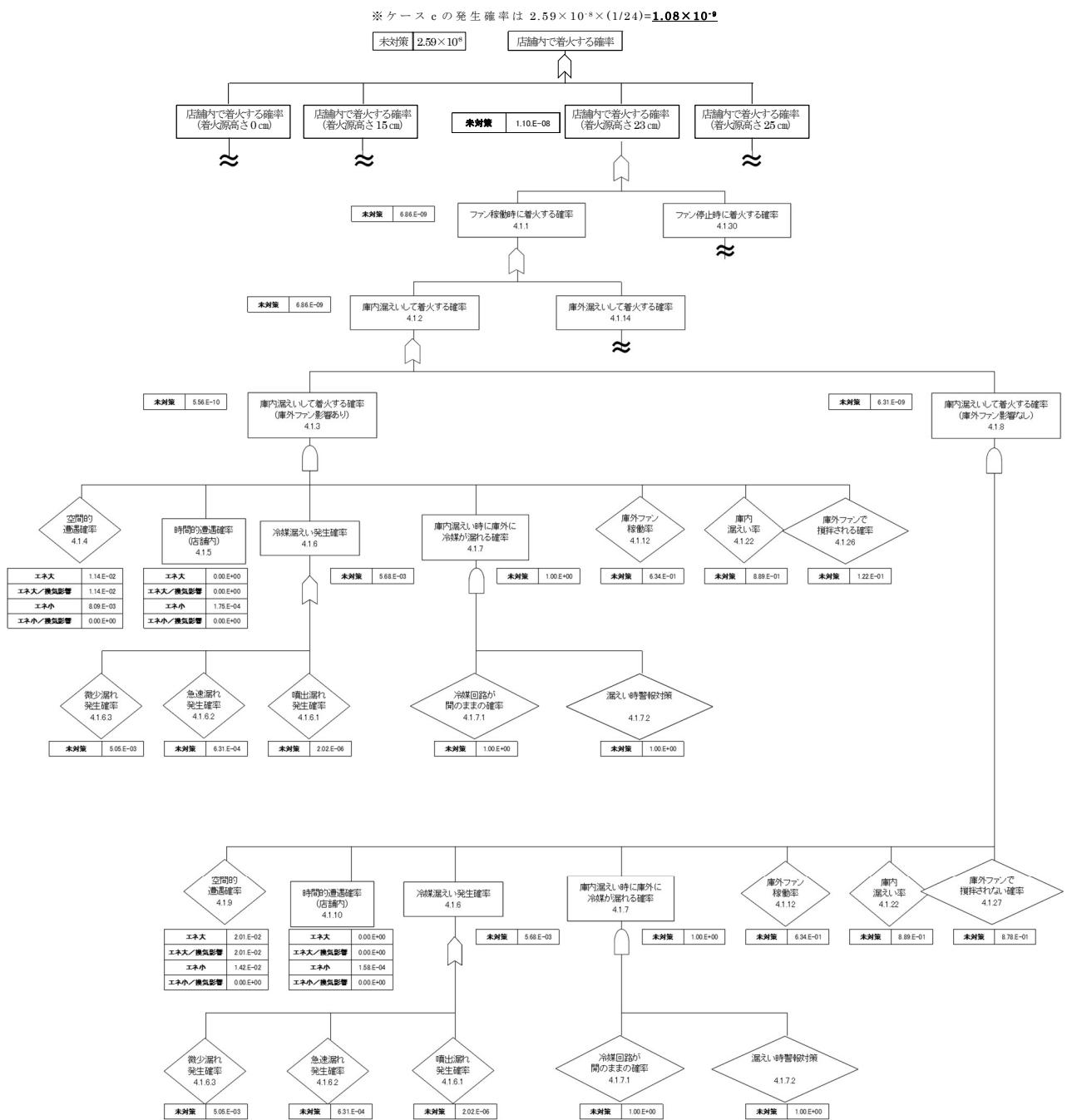


Fig. 4-12-69 ファン稼働中の庫内漏えい時のFTA (解析⑯, ⑯ 23 cm)

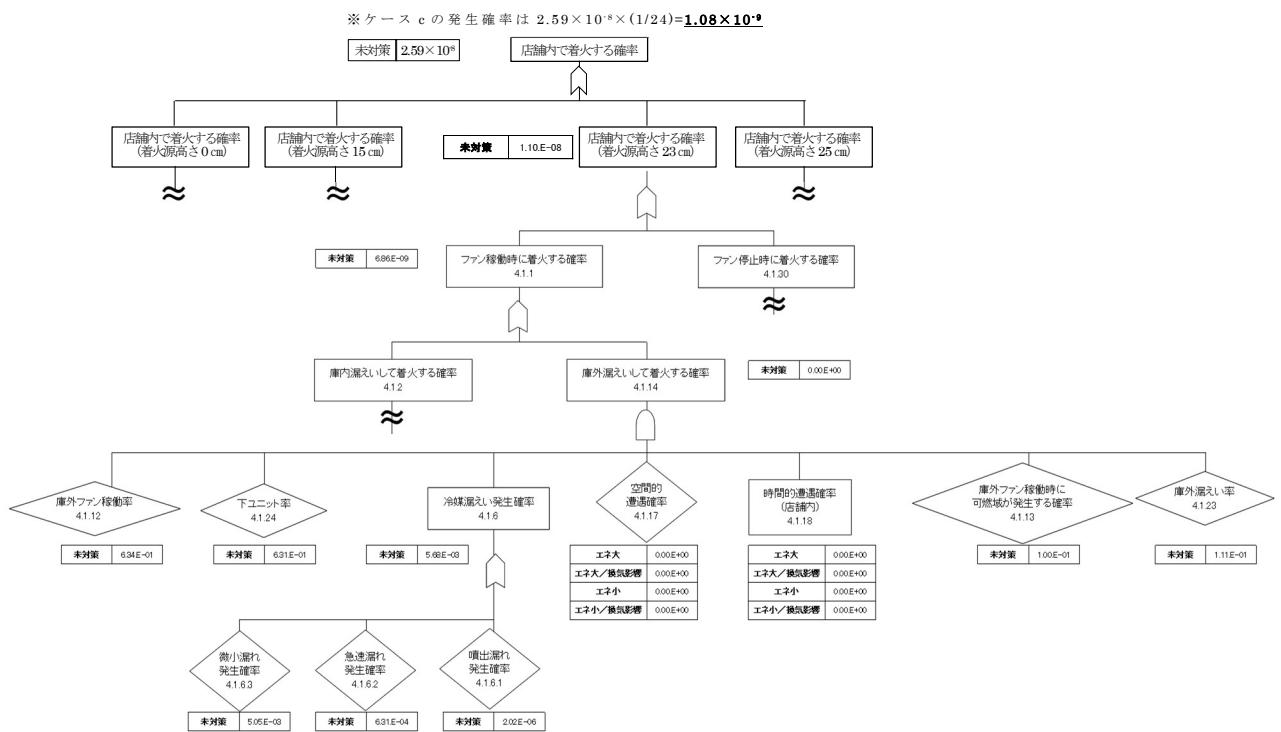


Fig. 4-12-70 ファン稼働中の庫外漏えい時の FTA (解析⑯, ⑯ 23 cm)

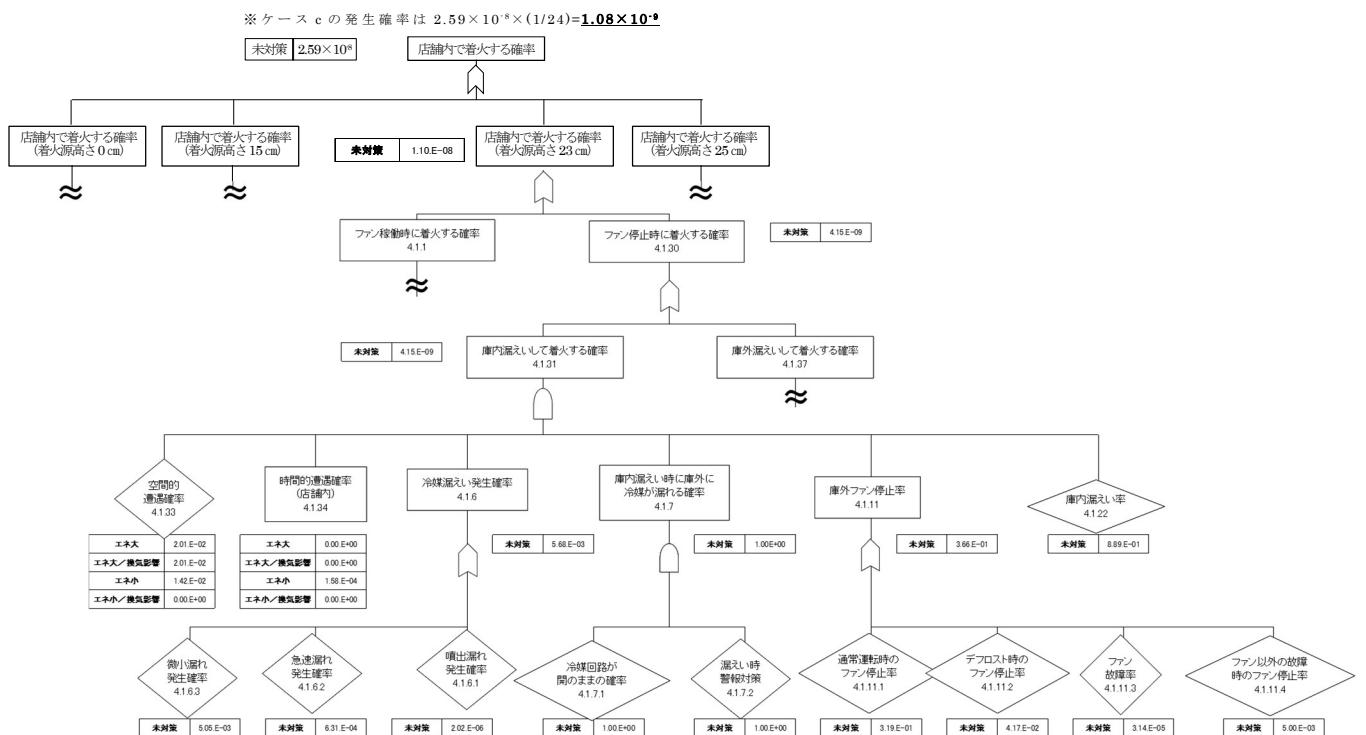


Fig. 4-12-71 ファン停止中の庫内漏えい時の FTA (解析⑯, ⑯ 23 cm)

※ ケース c の発生確率は $2.59 \times 10^{-8} \times (1/24) = 1.08 \times 10^{-9}$

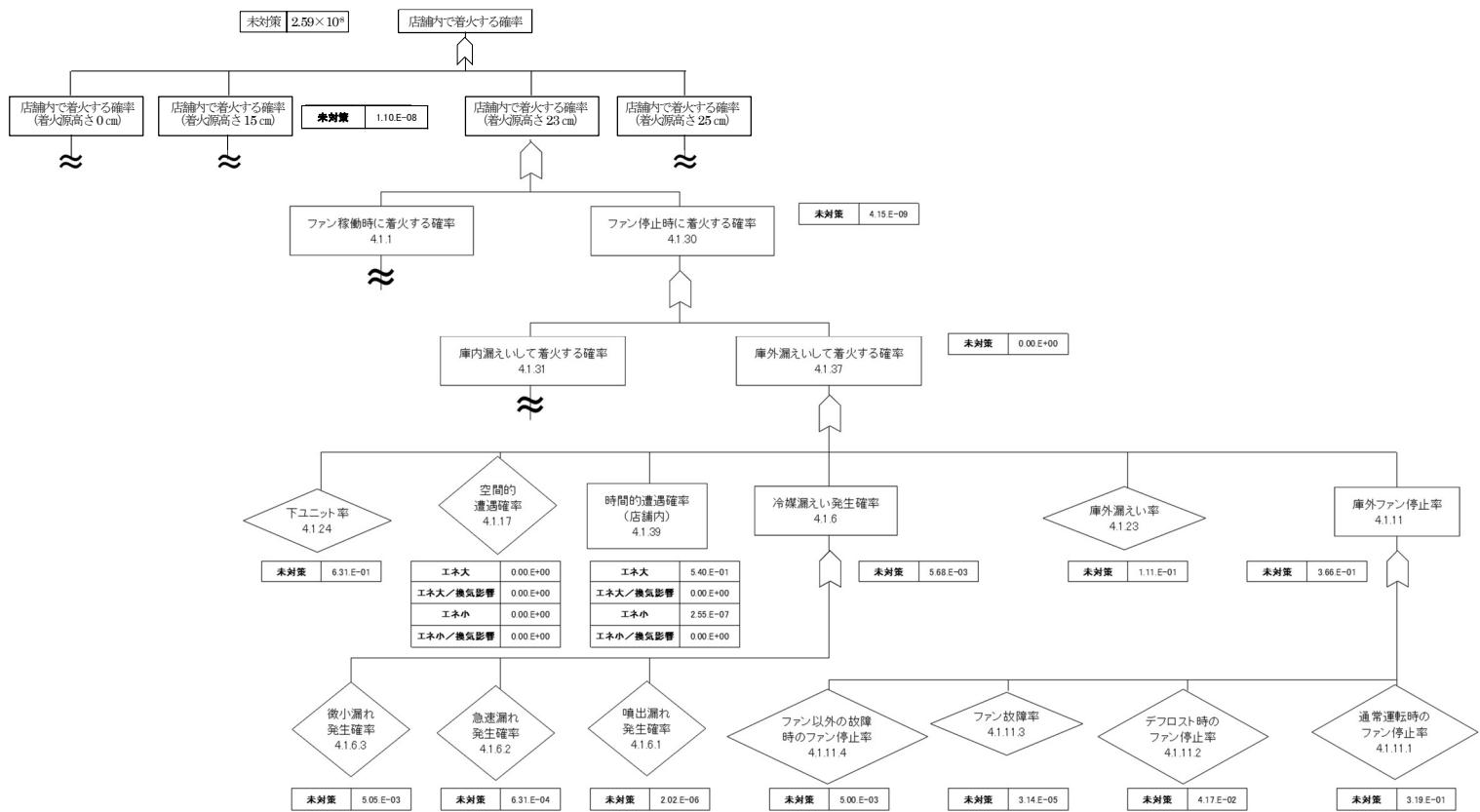


Fig. 4-12-72 ファン停止中の庫外漏えい時の FTA (解析⑯, ⑯ 23 cm)

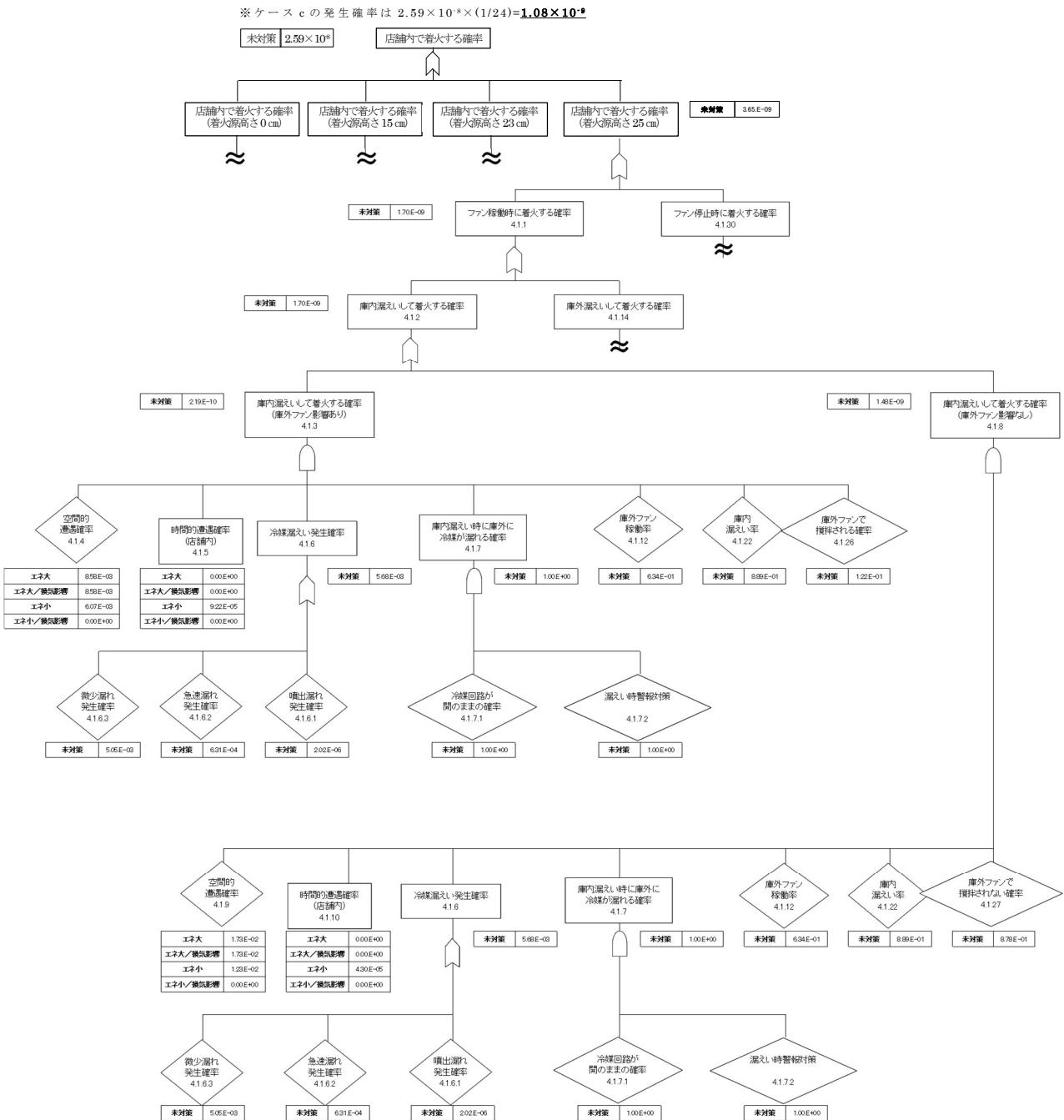


Fig. 4-12-73 ファン稼働中の庫内漏えい時のFTA (解析⑯, ⑯ 25 cm)

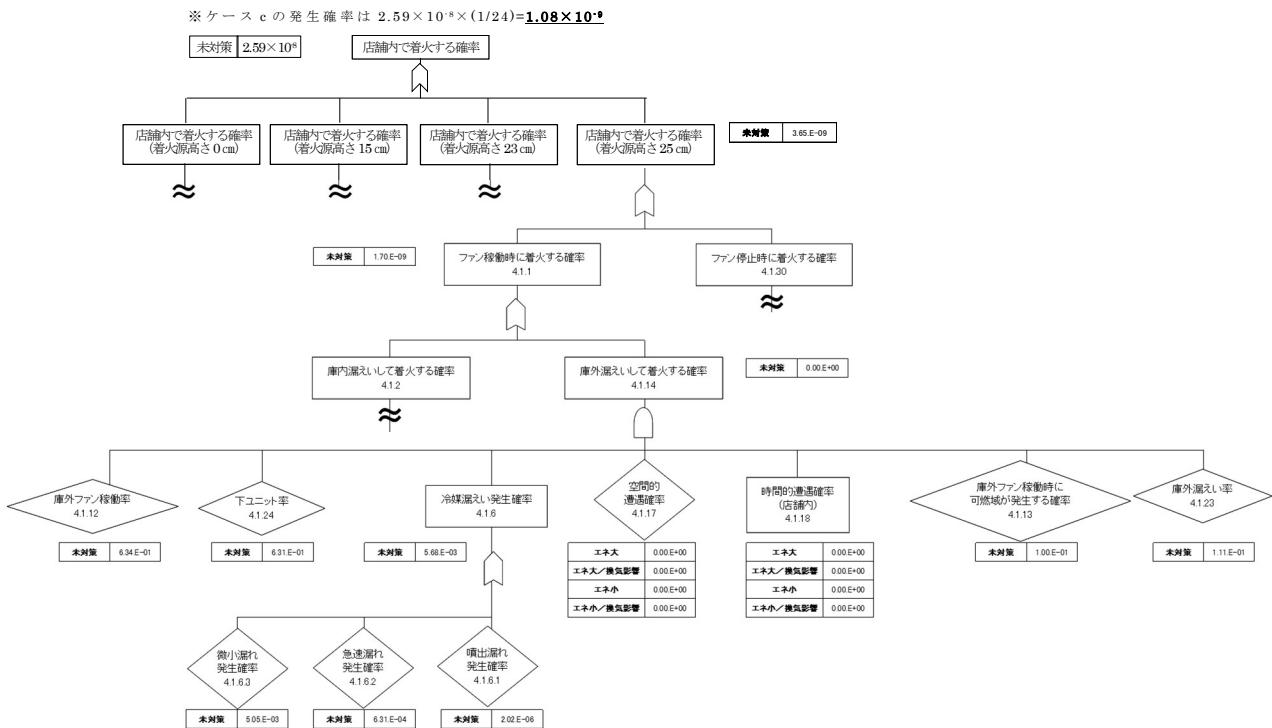


Fig. 4-12-74 ファン稼働中の庫外漏えい時の FTA (解析⑯, ⑯ 25 cm)

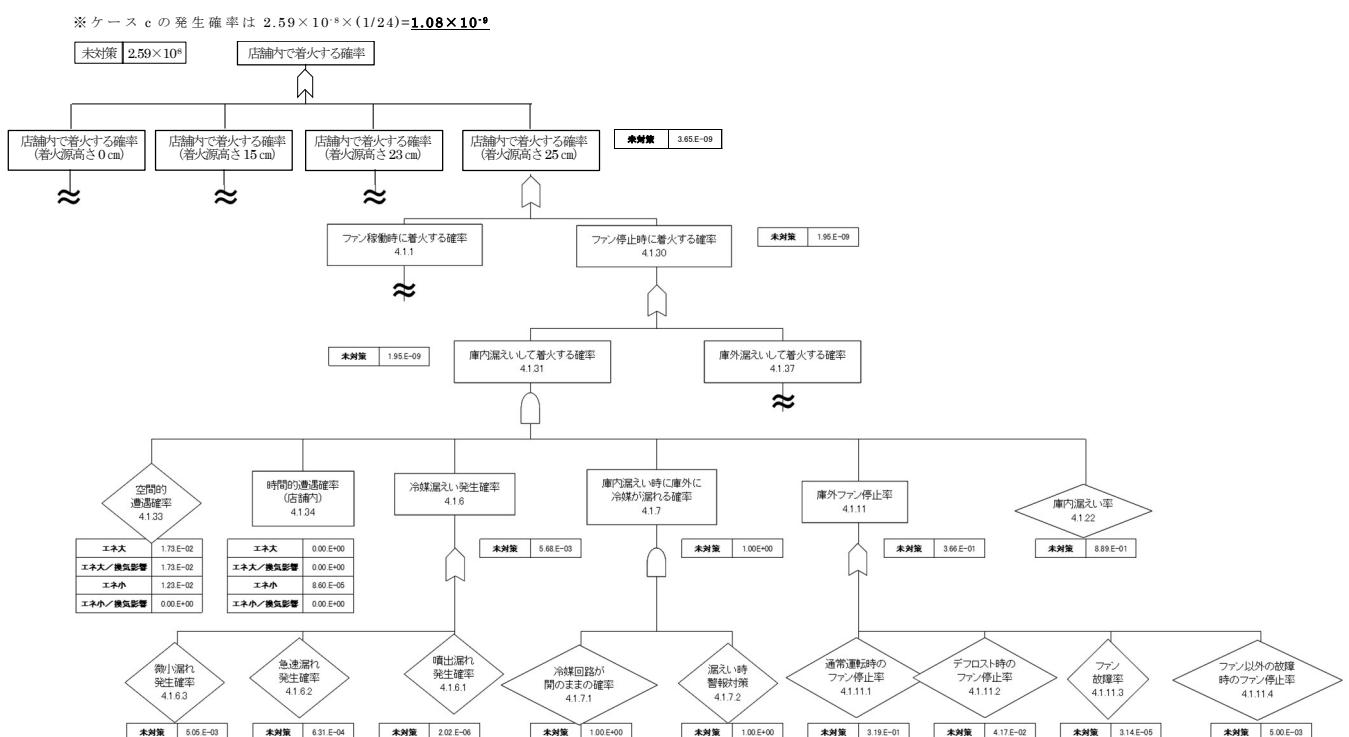


Fig. 4-12-75 ファン停止中の庫内漏えい時の FTA (解析⑯, ⑯ 25 cm)

※ケース c の発生確率は $2.59 \times 10^{-8} \times (1/24) = \underline{\underline{1.08 \times 10^{-9}}}$

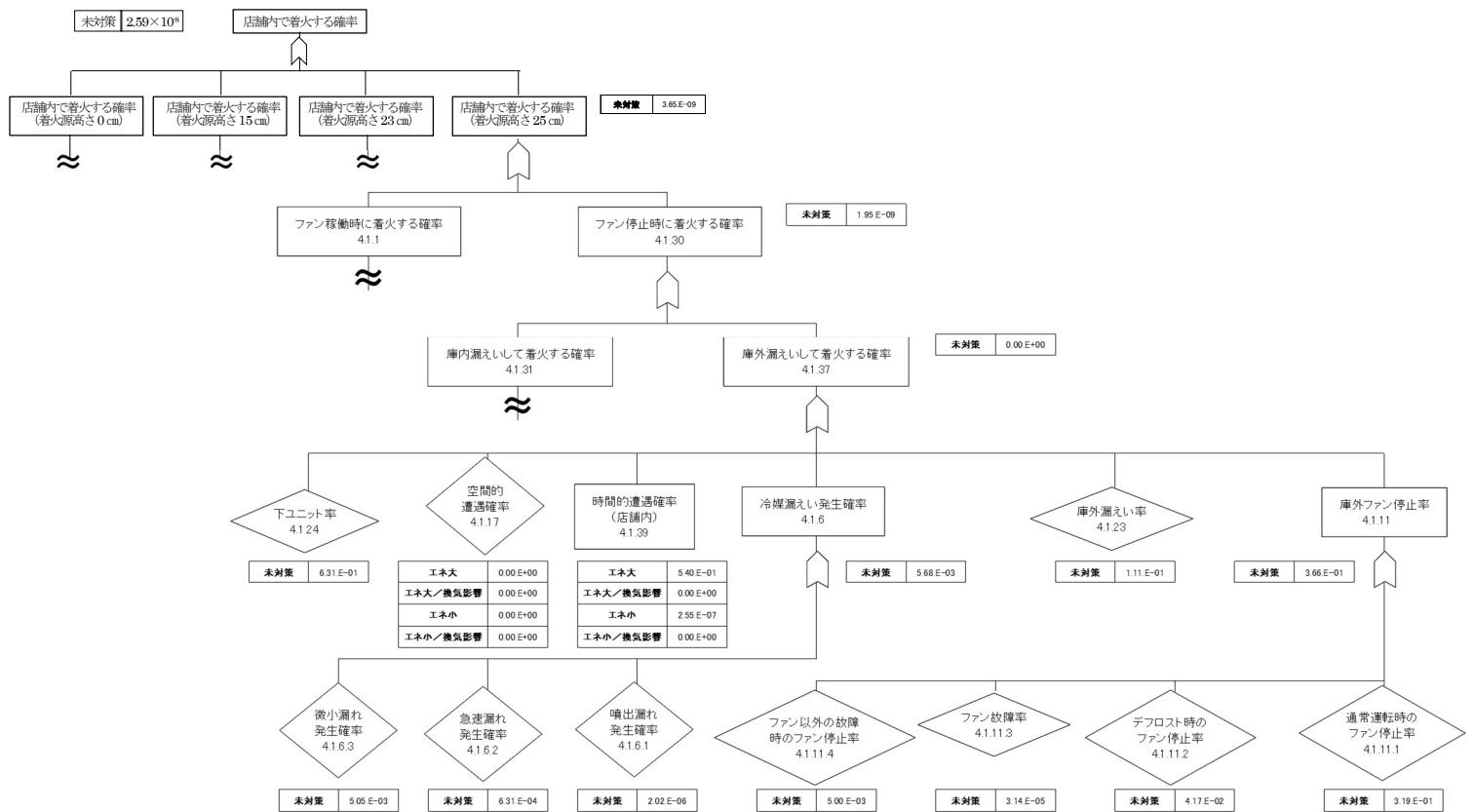


Fig. 4-12-76 ファン停止中の庫外漏えい時の FTA (解析⑯, ⑰ 25 cm)

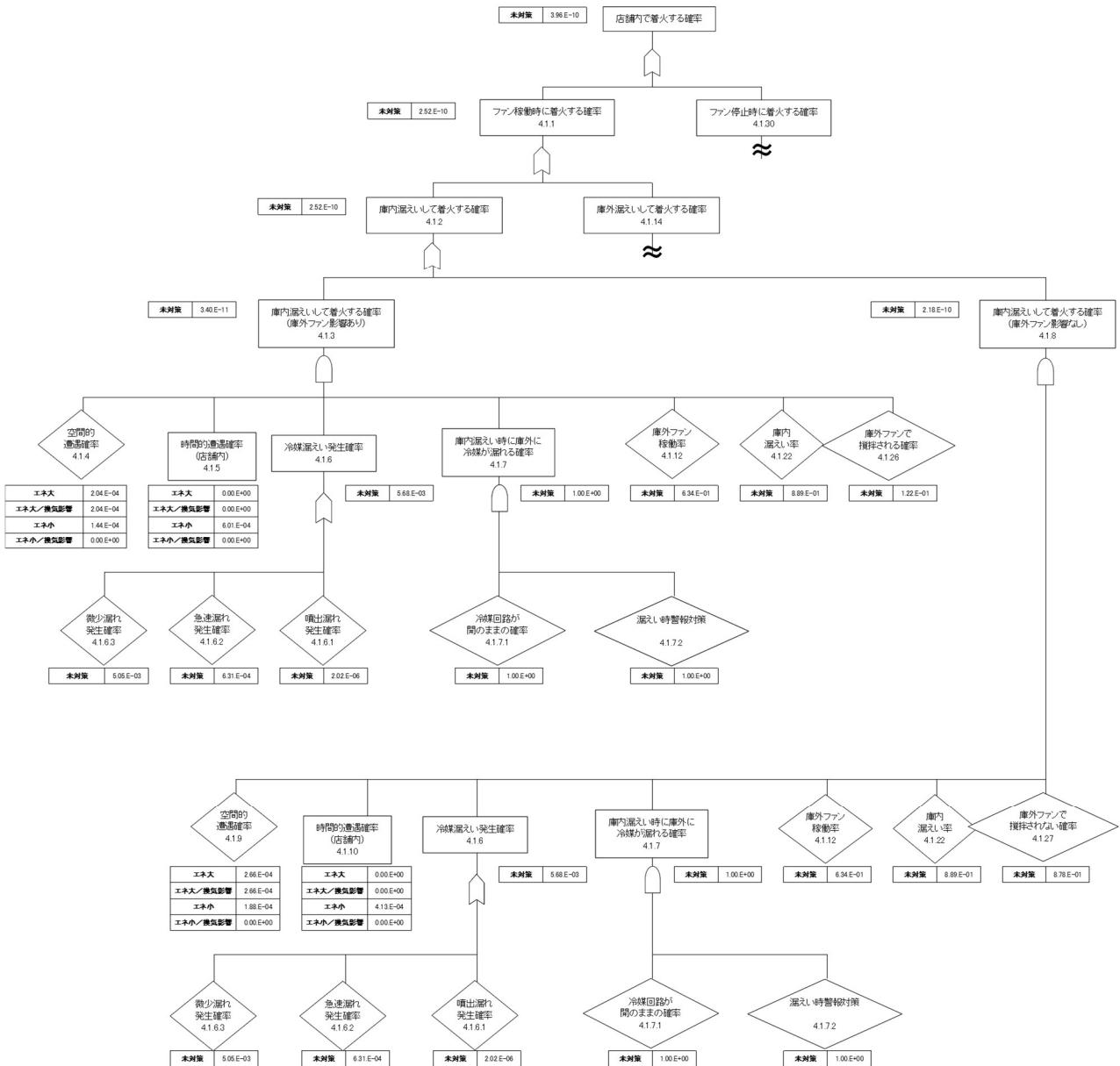


Fig. 4-12-77 ファン稼働中の庫内漏えい時のFTA（解析⑯, ⑰）

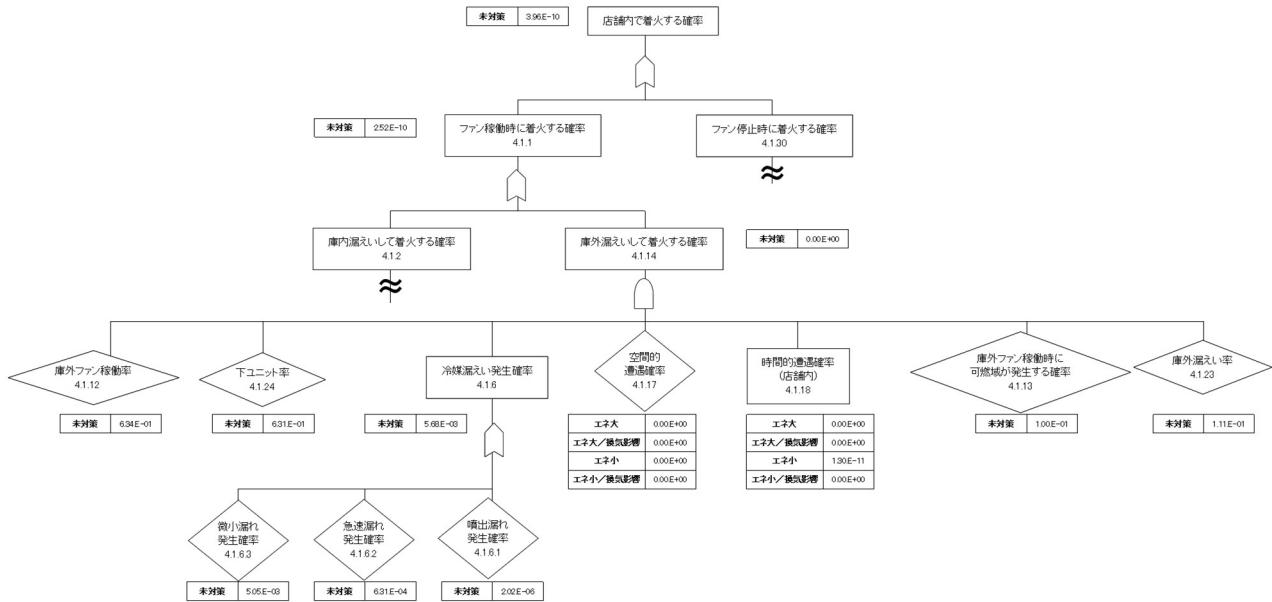


Fig. 4-12-78 ファン稼働中の庫外漏えい時の FTA (解析⑯, ⑰)

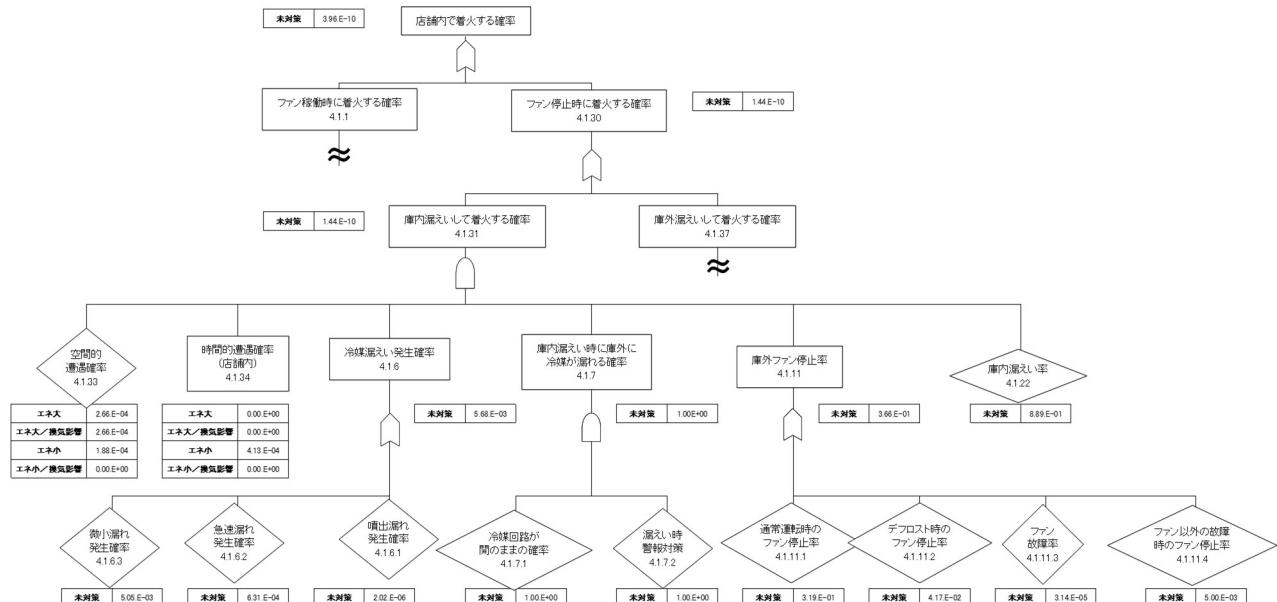


Fig. 4-12-79 ファン停止中の庫内漏えい時の FTA (解析⑯, ⑰)

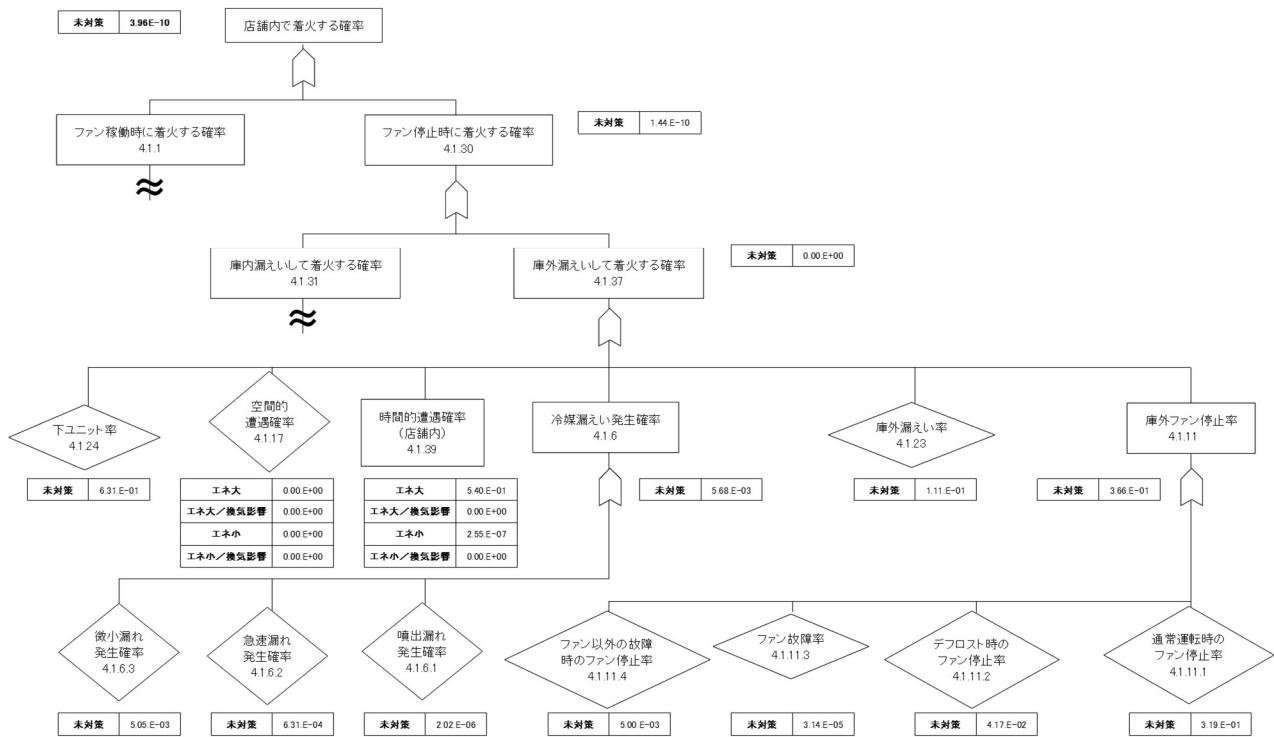


Fig. 4-12-80 ファン停止中の庫外漏えい時のFTA（解析⑯, ⑰）

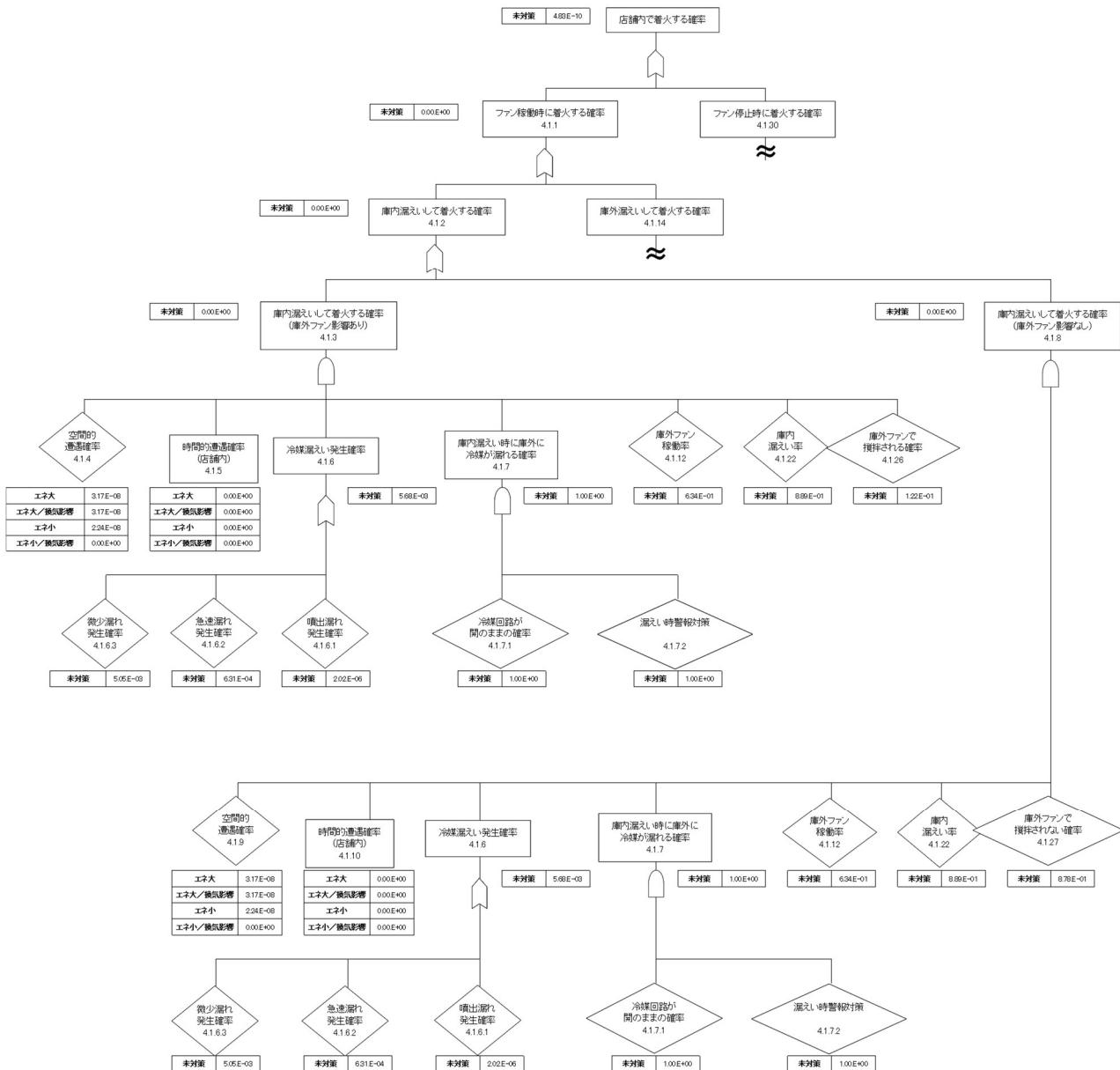


Fig. 4-12-81 ファン稼働中の庫内漏えい時の FTA (解析⑯)

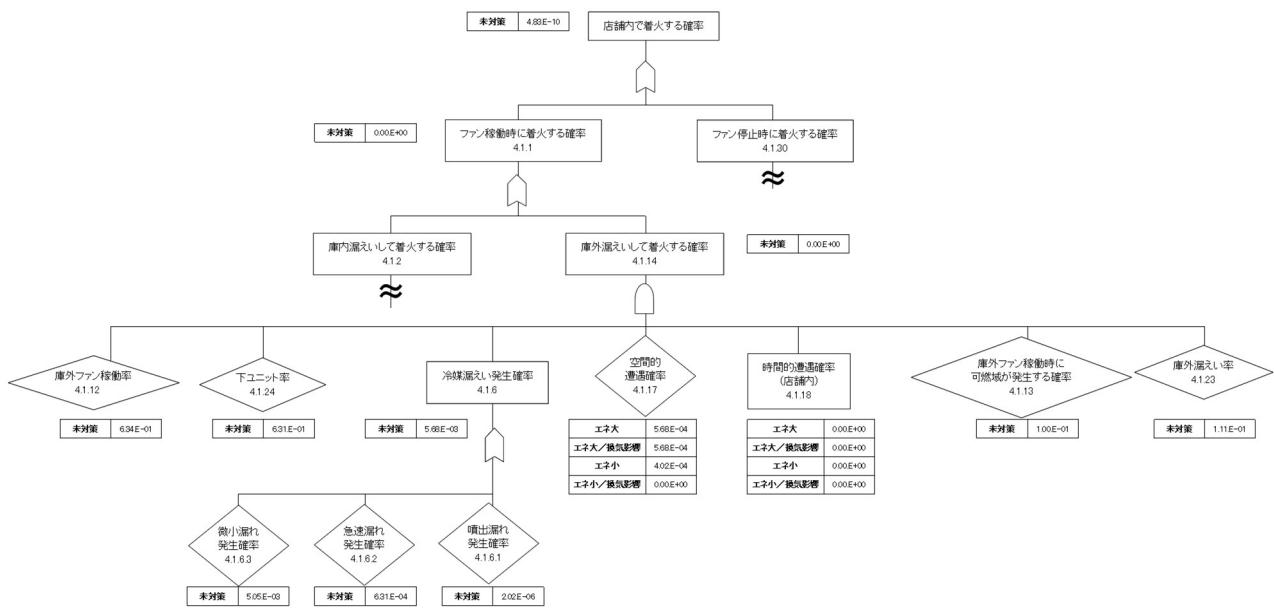


Fig. 4-12-82 ファン稼働中の庫外漏えい時の FTA (解析⑯)

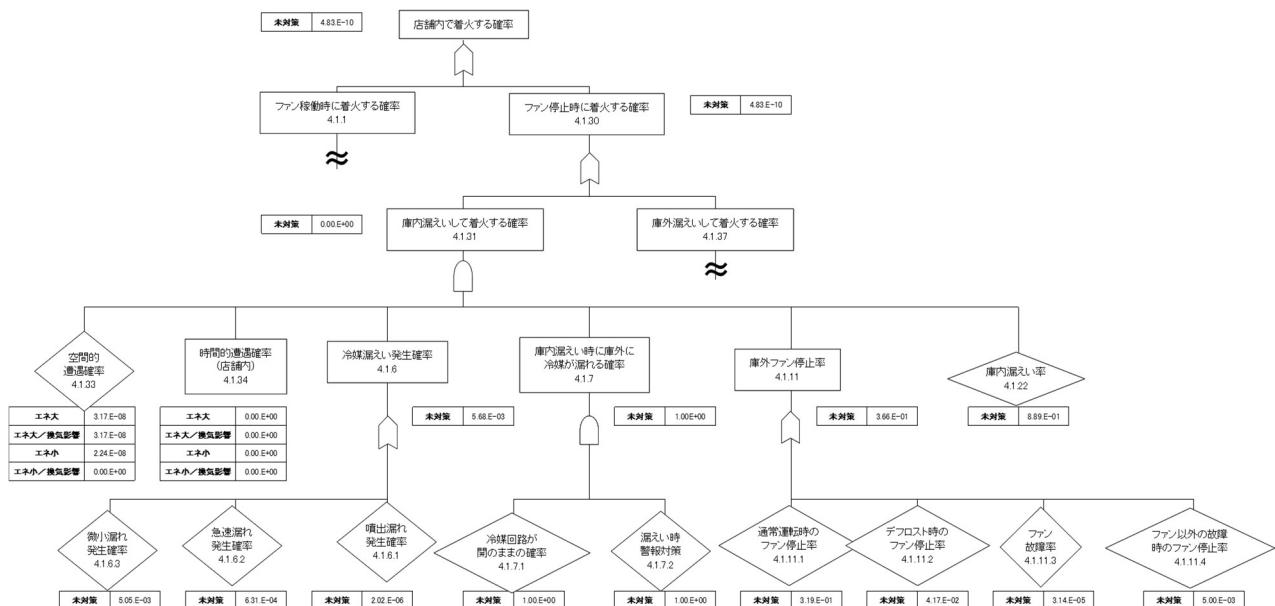


Fig. 4-12-83 ファン停止中の庫内漏えい時の FTA (解析⑯)

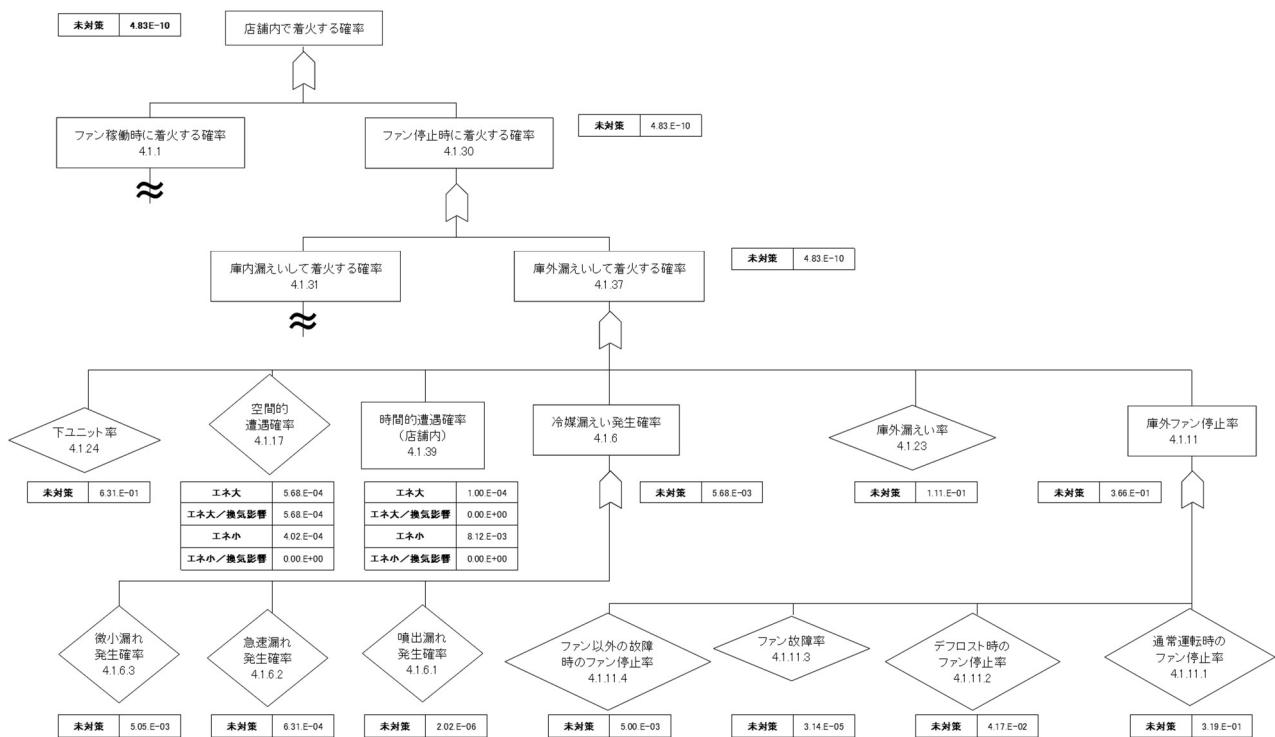


Fig. 4-12-84 ファン停止中の庫外漏えい時の FTA (解析⑯)

4.13 着火確率

Table 4-13-1

厨房広さ	製品	解析条件					記号	着火確率				
		営業状態	換気量	漏洩箇所	漏洩量	扉の状態		1.25E-10	2.16E-09	2.51E-09	1.67E-09	
30m ²	業務用冷蔵庫	営業 (10時間) 閉店 (6時間)	1991m ³ /h	庫内	140g	ケースa	A	1.25E-10	2.51E-09	1.67E-09	8.09E-10	
						ケースb		2.16E-09				
						ケースc		2.26E-10				
		無人 (8時間)	0m ³ /h	庫外	150g	—	B	0.0.E+00	0.0.E+00	3.03E-10		
				庫内	140g	閉	C	0.0.E+00				
	製氷機	営業 (10時間) 閉店 (6時間)	1991m ³ /h	庫外	150g	—	D	0.0.E+00	0.0.E+00	3.03E-10		
				庫内	140g	開	E	1.15E-10				
		無人 (8時間)	0m ³ /h	庫外	150g	—	F	3.39E-10				
				庫内	140g	閉	G	0.0.E+00				
7m ²	業務用冷蔵庫	営業 (10時間) 閉店 (6時間)	473m ³ /h	庫内	140g	ケースa	A	5.18E-10	8.53E-09	5.69E-09	2.47E-09	
						ケースb		6.94E-09				
						ケースc		1.08E-09				
		無人 (8時間)	0m ³ /h	庫外	150g	—	B	0.0.E+00	0.0.E+00	3.03E-10		
				庫内	140g	閉	C	0.0.E+00				
	製氷機	営業 (10時間) 閉店 (6時間)	473m ³ /h	庫外	150g	—	D	0.0.E+00	0.0.E+00	3.03E-10		
				庫内	140g	開	E	3.96E-10				
		無人 (8時間)	0m ³ /h	庫外	150g	—	F	4.83E-10	0.0.E+00	3.03E-10		
				庫内	140g	閉	G	0.0.E+00				
				庫外	150g	—	H	0.0.E+00				

業務用冷凍冷蔵庫、製氷機の着火確率は Table 4-13-2 の通りになる。500g では未対策にて許容値を超えたものが、冷媒量 150g では、未対策でも許容値以下となった。

Table 4-13-2 使用時着火確率

	許容値	着火確率	
		未対策	対策
業務用冷凍冷蔵庫 製氷機 (冷媒量 150g, 30 m ²)	3.22×10^{-9}	8.09×10^{-10}	—
業務用冷凍冷蔵庫 製氷機 (冷媒量 150g, 7 m ²)	3.22×10^{-9}	2.47×10^{-9}	—