

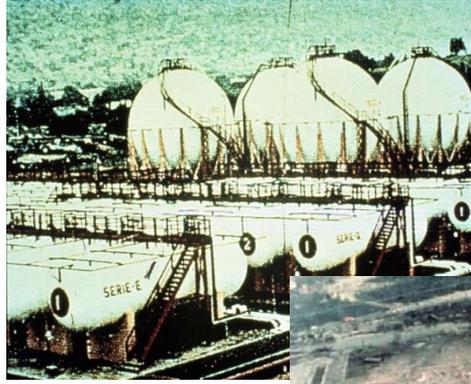
Risk Tolerance

How Do You Decide if a Risk is Too High?

2020 Process Safety Symposium

December 3, 2020

Dave Jones
CCPS Fellow
Chevron Corporation
Fellow (Retired)



ご紹介ありがとうございます。ここに見える写真はメキシコの首都メキシコシティ近くのLPガス貯蔵施設です。建設当初から時間の経過とともに、二つの新しい球形タンクが追加され、貯蔵容量が増加されていきました。当該施設の近くに民家が建てられていました。より多くの人々がより危険な物質の近くに住むようになっていたため、リスクは非常に大きなものとなっていました。

配管の故障によって火災が発生し、続いて一連の沸騰液膨張蒸気爆発（ブレイビーBLEVE）が複数回発生しました。一回目のBLEVEは最初の火災から約20分後に発生しました。20分間では近隣の人々を避難させるのに十分な時間がありませんでした。爆発による破片は約1キロメートル先まで飛び、家屋を破壊しました。爆発の中心から300メートル以内の人々が火傷しました。500人以上が亡くなりました。あなたの施設でも同様な許容できないリスクがあるかどうかをどうすればわかるのでしょうか？

Discussion Topics

- Fundamentals of risk
- Common problems with qualitative risk assessments
- Quantitative risk assessments
- Risk tolerance
- LOPA

2

本日の講演のトピックスは以下の通りです。

- リスクの基礎
- 定性的リスク評価に関してよくある問題
- 定量的リスク評価
- リスク許容基準
- 保護層分析（LOPA：Layer of Protection Analysisの必要性）

What is Risk?

A measure of human injury, environmental damage, or economic loss in terms of both the incident likelihood and the magnitude of the injury, damage, or loss

Center for Chemical Process Safety

Risk of a single event is defined mathematically as:

$$\text{Risk (Single Event)} = R_i = [\text{Consequence}] \times [\text{Frequency}]$$

Risk of a system is :

$$\text{System Risk} = \sum_1^N R_i = \sum_1^N C_i \times F_i$$

リスクは、事象の影響度の大きさと事象の発生頻度の組み合わせとして定義されます。リスクは2つの積になります-（影響度の大きさx発生頻度）。システムのリスクは、そのシステムのすべてのリスクの合計になります。

What is a Risk Assessment?

$$\text{Risk (Single Event)} = R_1 = [\text{Consequence}] \times [\text{Frequency}]$$

Qualitative or quantitative procedure that answers:

- What are the hazards?
Chemical or physical properties that can cause harm (reactive, explosive, toxic, physical force, etc.)
- What can fail or go wrong?
Scenario identification – how can the hazard cause a problem?
- What is the consequence of each event?
If safeguards fail, what is the worst credible consequence?
- What is the frequency of each event?
How often will this occur, given the effectiveness of safeguards?
- How do the frequency and consequences combine to give an overall understanding of the risk?

4

リスクアセスメントとは、下記の個別の質問に答えていく定性的または定量的な方法のことです。

- どのような危険源（ハザード）がありますか？
- どのような故障をしたり、意図した通りいかない可能性がありますか？
- 幾重もの安全対策が効果を発揮せず、機能しない場合、各々の事象の想定される最悪の影響度は何ですか？
- 各事象の発生頻度はどれくらいですか？
- リスクの全体的な理解をするために、発生頻度と影響度はどのように組み合わせればよいですか？

How Much Risk Will You Accept (Risk Tolerance)? Will You Open a Door? (Risk = Consequence X Frequency)

10 Doors

9 Doors have ¥ 1,000,000,000, 1 door has a hungry



1000 Doors

999 Doors have ¥ 10⁹, 1 door has a hungry



1/1000 risk of fatality/year – limit of workplace risk tolerance

10,000 Doors

9999 Doors have ¥ 10⁹, 1 door has a hungry



1/10,000 risk of fatality/year – limit of public risk tolerance

Risk = Consequence X Frequency



Reduce
Consequences



さて、これから、皆さんにどのぐらいのリスクを許容するかをテストするために演習問題を出します。皆さん個人個人のリスク許容度はどの程度でしょうか？例を挙げます。ここにドアが10個あります。9個のドアの後ろには10億円がおいてあります。しかしながら残り1個のドアの後ろには、大きな、おなかをすかせた怒った北海道のヒグマがいます。もちそん、そのドアを開けると即皆さんは死にます。逃げ場もありません。皆さんは10億円のためにこのリスクをとりますか？普通でない人の中には「はい」と言う人もいますが、ほとんどの人は「いいえ」と言うでしょう。

次に、1000個のドアになったとし、その中で唯一一個のドアの後ろにしかクマがいない場合は皆さんはどうしますか？皆さんはそのリスクをとりますか？話は変わりますが、年間1000回に1回 人1人が死亡する確率10のマイナス3乗は、石油の掘削や漁業のような危険な産業で受け入れられるリスクの中でも最も高い部類に属します。

じゃあ、次に10,000個のドアになったとし、その中で唯一一個のドアの後ろにしかクマがいない場合は皆さんはどうしますか？皆さんはそのリスクをとりますか？また、話は変わりますが、年間10,000回に人1人が死亡する確率は10のマイナス4乗は、一般市民に影響を与える産業事故で受け入れられるリスクの中で最も高い部類に属します。ほとんどの人がそのリスクなら受け入れます。世の中の事象にゼロリスクというものはありません。毎日ベッドに入って家にいても非常に高いリスクがあるのです。我々はまず、リスクを下げるために発生頻度を下げてきました。また次に影響度を変更することもできますが、そうすれば

この場合はどうなりますか？例えばクマの代わりに、非常に怒っているおなかをすかした小犬がいればどうなりますか？皆さんは10個のドアを開けるリスクをとれますか？たぶん、その場合は皆さんのほとんどが、はい、それならリスクはとりますと言うでしょう。この場合は影響度をクマから子犬に下げることによって、即死することはなくなりました。

Common Problems with Qualitative Risk Assessments (HAZOPs, What Ifs....)

- Qualitative risk assessments rely upon people's judgement and opinions, which can be wrong
 - All accident scenarios of concern are not identified
 - Worst, yet credible, potential consequences are not evaluated
 - Credit is taken for ineffective safeguards
 - Incorrect use of risk ranking matrix (risk tolerance criteria)
-
- Most importantly, some HAZOP/What If teams:
 - Do not include necessary technical expertise (engineering experts, senior operations...)
 - Do not have a positive attitude (risk assessments are not understood as important)

6

さて、これからHAZOPやWHATIFなどのような定性的リスクアセスメントにおいて、よく起こる問題について以下に説明していきます。

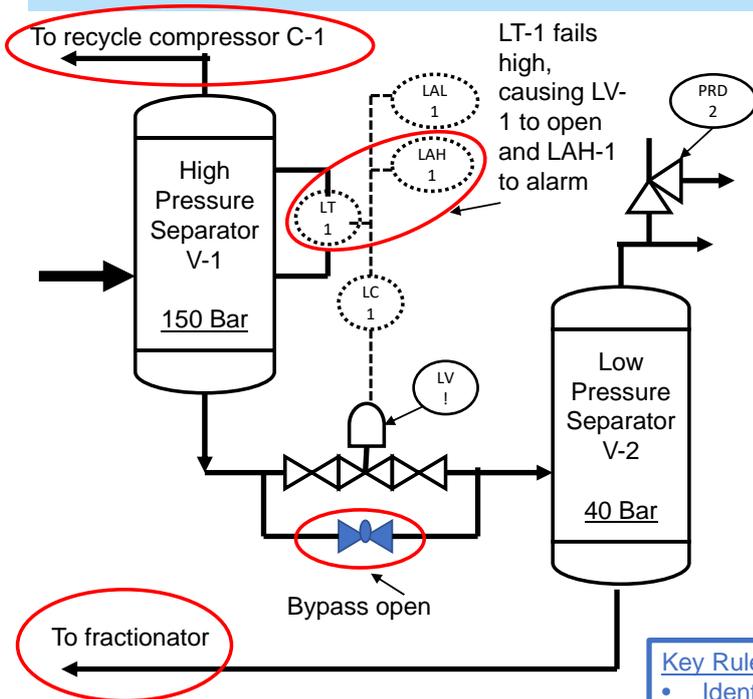
- 定性的リスクアセスメントは、間違っている可能性のある人々の判断と意見に依存して行われているということです。
- 可能性のあるすべての事故シナリオが特定されているわけではないということです。その結果、
- 最悪で、信頼できる、可能性のある影響度が評価されないということもあります。
- 有効性のない安全対策が対策として考慮されている場合もあります。
- リスクマトリックスの間違った使用（リスク許容基準も含めて）がされることもあります。

最も重要な問題は、いくつかのHAZOP / WHAT IFチームは：

- 必要な専門家（エンジニアリングの専門家、ベテランの運転員など）を含めていないこともあります。
- リスクアセスメントに対する前向きな姿勢がないこともあります（リスクアセスメントが重要であると理解しようとしなない）

Common Problems with HAZOPS/What Ifs

Example



Cause	Consequence	Safeguards
LV-1 Open	Gas out of V-1, over pressure V-2, vessel failure, fire	PRD-2 Sized for V-1 gas out
	Loss of suction to C-1, compressor surge, possible damage, gas release	Other safeguards not shown
	Gas to fractionator, process upset	Other safeguards not shown
LV-1 and bypass open	Overpressure V-2, vessel failure, fire	No safeguards identified

- Key Rules**
- Identify worst consequences without safeguards
 - Only take credit for safeguards that are effective

ここからは、その例を紹介しましょう。ここでは、運転圧力150barの非常に高圧の気液分離槽(セパレーター)及び、40barの低圧の気液分離槽(セパレーター)があったとします。高圧セパレーターのオーバーヘッドガスはリサイクルコンプレッサーに送られます。低圧セパレーターからの液体は分留装置に送られます。このような流れは、製油所の水素処理装置の一部でよく見られます。

HAZOPまたはWHATIFでは、チームが危険源(ハザード)の1つとしてレベル制御バルブLV-1が全開になることを特定するでしょう。その結果、V-2側へ高圧ガスが吹き抜け、V-2が過圧され、容器の破壊による火災が発生する可能性があります。爆発が起きる可能性もあります。ほとんどのHAZOPチームはここまでは正しく評価するでしょう。さて、ここで、安全弁PRD-2はLV-1が全開の時のガス流量を考慮したサイズになっていることおよび検査とテストが行われていることをチームが確認できれば、PRD-2は一つの安全対策として考えてもよいと思います。言い換えれば、そこまで確認できれば効果的なリスクアセスメントであったということです。しかしながら、多くのHAZOPチームとWHATIFチームがこのような安全対策が効果的に機能するかまで確認していないことが多いのです。それ故、私のスライドではPRD-2関係を注意してほしいため、黄色で示しています。多くの場合、安全対策、この場合はPRD-2が図面に含まれているので、それで大丈夫、あるいは大丈夫なはずだと考えてしまいます。このような場合は、安全対策が効果的に機能するかまで確認する必要があります。

それだけではありません、その他の影響度も検討する必要があります。V-1での圧力が失われると、リサイクルコンプレッサーへのガス吸引ができなくなり、コンプレッサーがサージ状態になり、損傷したり、配管が破損したり、漏洩する可能性があります。吹き抜けたガスも精留塔に行き、少なくとも精留塔の異常運転状態を引き起こします。一般に多くのHAZOPチームは、より広範な影響度を検討することができていません。例えば、上流や下流での影響も検討する必要があります。コンプレッサーのアンチサージ制御やシャットダウンシステムなど、ここには示されていない安全対策がたくさんありますが、安全対策を考えずに影響度を特定して、その後、

既に安全対策のある場合はその有効性を評価し、ない場合は新たに安全対策を立案する必要があるのです。

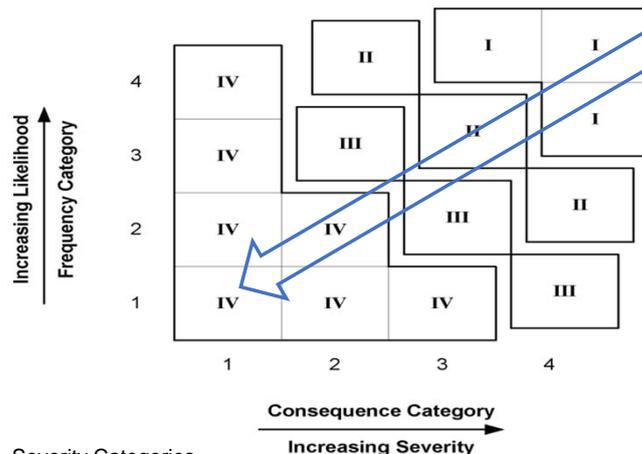
しかし、LV-1のバイパス弁及びLV-1が同時に開いた場合はどうなるでしょうか。安全弁は、この過剰な流量に対して十分な大きさではない可能性があります。こういった場合は、他に安全対策が考えられない可能性があります。

設計時のミスや変更の管理におけるミスによりLV-1のサイズが小さすぎて、バイパスが開いたままになっている場合には、このようなシナリオが発生する可能性があります。また、レベルトランスミッターLT-1が故障し、レベルハイの信号を出した場合、LV-1が開いて、アラームLAH-1が鳴った場合にも同じようなことが発生する可能性があります。そのような場合、オペレーターは、ハイレベルになったと考えてバイパスを開きます。LAH-1とLAL-1は依存型のアラーム（デイペンデントアラーム）と呼び、LOPAでは安全対策として考慮してはいけません。このような検討の質を上げることや解決策を見出すため、HAZOPチームには経験豊富な専門家やオペレーターが必要となることがわかつています。

Common Problems with HAZOPS/What Ifs

Incorrect Use of Risk Ranking Matrix

Example Qualitative Risk Tolerance Criteria From the Center for Chemical Process Safety



Common Problem
Teams are uncomfortable saying the risk is high, so they change the risk ranking to a lower consequence or frequency

Category	Description
1	No injury or health effects
2	Minor to moderate injury or health effects
3	Moderate to severe injury or health effects
4	Permanently disabling injury or fatality

Category	Description
1	Not expected to occur during life of process/facility
2	May occur once during life of process/facility
3	May occur several times during life of process/facility
4	Expected to occur more than once in a year

Risk Level	Description	Required Response
I	Unacceptable	Immediate mitigation or termination of activity
II	High	Mitigation within 6 months
III	Moderate	Mitigation within 12 months
IV	Acceptable As Is	No mitigation required

8

HAZOPに見られるもう1つのよくある問題は、リスクマトリックスの誤った使用です。ほとんどの企業はこのようなリスクマトリックスを使用しており、一つの軸に影響度を示し、もう一つの軸に発生頻度を示します。このリスクマトリックスはCCPSのもので、一般的にHAZOPチームは、リスクが高いということに躊躇しがちです。なぜなら会社の経営陣がそのような答えを気に入ってくれないと思うからです。そのような会社のHAZOPチームは影響度または発生頻度を真実より引き下げて、リスクを低く見せて、何も変更する必要はないと結論付けるようになってしまいます。このようなことは組織の安全文化の問題であり、非常によくある話です。こういう組織では、実際に事故が発生した多くのシナリオが、HAZOPでは特定され、検討されていたのに、そのシナリオのリスクを真実より低いと結論付けた例が多数発見されています。

How Do You Know if Your Risk is Too High? *Qualitative Risk Assessments*

Since qualitative risk assessments are based upon opinions:

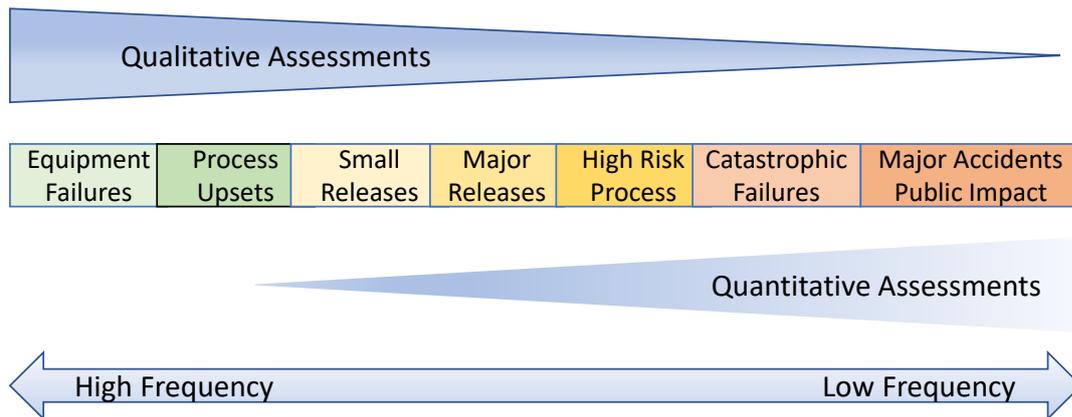
- Establish qualified teams
- Use engineering experts and experienced operations personnel
- Establish a positive, honest attitude by the team, supported by management
- Establish an appropriate risk ranking matrix
- Use LOPA when necessary
- *Understand the limitations of qualitative risk assessments*

では、結果として定性的リスクアセスメントを使用する場合は、どうやれば高いリスクがあるかどうかを判断できるのでしょうか？

- 第一は有識者で適切なチームの形成です
- 第二は設計の専門家と経験豊富なオペレーターを参加させることです
- 第三は経営陣の支援を受けた、積極的で正直なチームを形成することです
- 第四は適切にリスクマトリックスを活用することです
- さらに、必要に応じてLOPAを使用することです
- 最後に言うならば、定性的リスクアセスメントの限界をしっかりと理解することです。

Understand the Limitations of Qualitative Risk Assessments

- **Qualitative** risk assessments work well for higher frequency events that people may have experienced
- For low frequency, high consequence events, qualitative risk assessments fail. **Quantitative** risk assessments (QRA) are necessary to fully understand the risks of major accidents



定性的リスクアセスメントは、人々が経験したことがある発生頻度の高い事象に対しては、うまく機能します。その例は、機器の故障、プロセスの異常、小漏洩、そしておそらくいくつかの大規模漏洩に対しては、機能します。これらはすべて、プロセスプラントで働くほとんどの人が経験する事象であり、この実際に経験した事故が定性的なリスクアセスメントに必要な判断を下すのに役に立つからです。

機器の壊滅的な故障、重大な事故等のような、発生頻度が低く、影響度が大きい事象の場合、定性的なリスクアセスメントではうまく機能できません。大きな事故はめったに起こらないので、ほとんどの人はそのリスクを判断することは困難です。彼らは大きな事故を見たことがないので、彼らの判断の根拠となるものは何ともありません。重大な事故リスクを理解するには、より強力な技術、手法を適用する必要があります。

Quantitative Risk Assessment (QRA)

Content

- Applies science, technology and mathematics to determine risk:

- Explosion modeling
- Dispersion modeling
- Statistical analysis
- Mathematical modeling
- Human health impact models

- Requires highly specialized expertise
- Presents risk in terms of numbers, graphs and plots

$$\text{System Risk} = \sum C_i \times F_i = \sum_1^N R_i$$

Event Tree

	Only minor damage to the riser	Wind is sufficient to carry cloud away	No ignition source	Frequency	Description
External impact 1.9E-03/yr	TRUE 0.56	0.95		1.0E-03/yr	No consequence
		0.05	0.89	4.7E-05/yr	No consequence
	FALSE 0.44		0.11	5.9E-06/yr	Small external fire/explosion
			0.83	6.9E-04/yr	No consequence
			0.17	1.4E-04/yr	Large external fire/explosion
				1.9E-03/yr	Total – same as initiating event

Common problems with QRA

- Lack of expertise
- Misunderstanding what the numbers mean

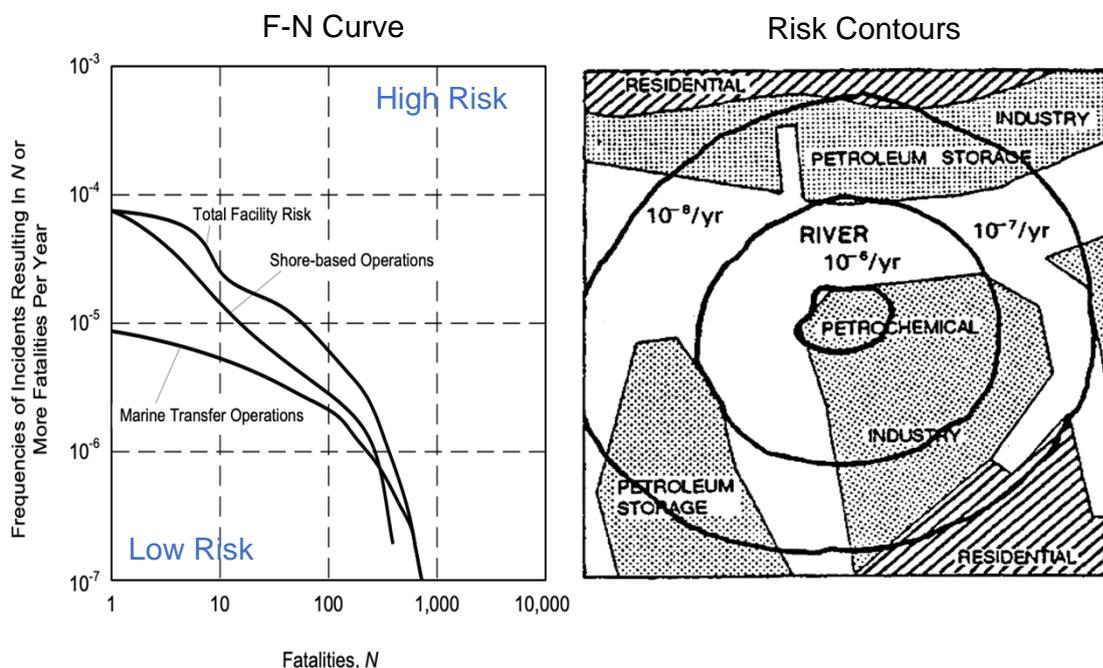
そのような場合、即ち低い発生頻度であるが、重大な事象のリスクアセスメントを行う場合は、定量的リスクアセスメント（QRA）を実施する必要があります。QRAを実施する際は、リスク算定式の二つの要素—発生頻度及び影響度を得るために、科学、技術、数学を用います。QRAの中では以下を実施します：

- 爆発計算
- 拡散計算
- 統計的な解析
- 数学的な解析
- 人間の健康への影響度解析

QRAでは、機器故障の統計データやイベントツリーなどのツールを使用して爆発、輻射熱、毒性影響の可能性のあるすべての事象を解析し、発生頻度を算出します。次に、QRAはこのすべての解析結果をまとめ、数値、グラフ、およびプロットでリスクを表します。

QRAを適切に実施するには、非常に特別な専門知識が必要です。すべての検討する数字が何を意味するのか容易に誤解しがちだからです。

Quantitative Risk Assessment (QRA) Risk Presentation (From CCPS)

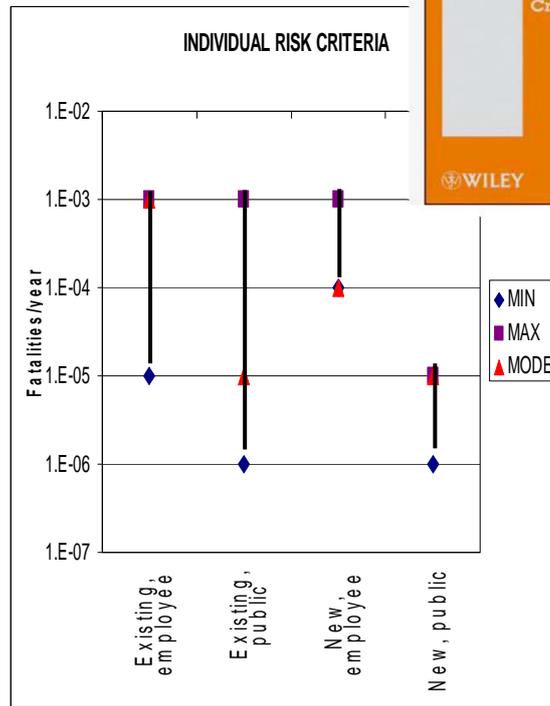
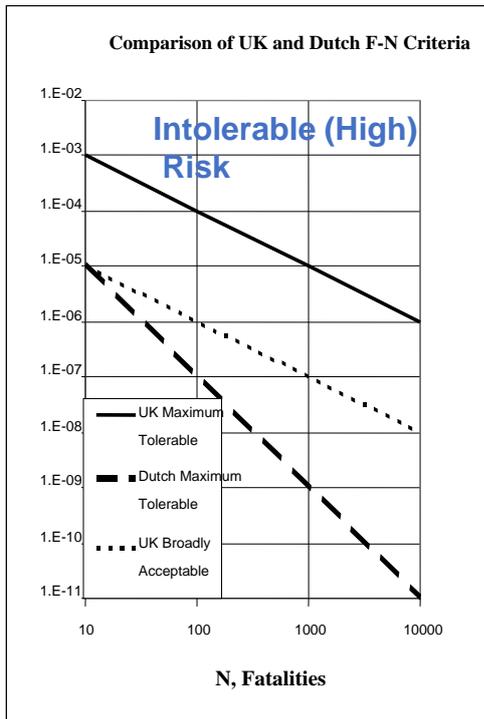
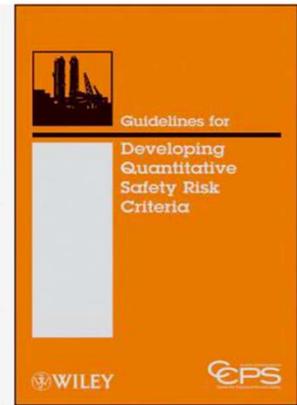


QRAの結果はさまざまな形をとることができますが、最も一般的な2つは、F-N曲線とリスクコンター（リスク等高線）です。F-Nは「頻度-死亡率」曲線を表します。多くの人に影響を与える大規模な事象のリスクを示すため、「社会的リスク」とも呼ばれます。シナリオごとに、QRAは影響度と頻度を定量化し、このすべての計算結果をこのような曲線に統合していきます。すべてのプラントにおいて計算ができ、このような曲線を作成できます。横軸は、発生する可能性のある死亡者数「N」です。そして、縦軸は、発生する可能性のある死亡者数以上の事故の起こる発生確率です。横軸と縦軸はどちらも対数です。

QRAでは、プラントからの距離に応じて、プラントの近くにいる人の年間死亡リスクを示すリスクコンターを作成することもできます。このグラフの例では、中央近くの人々は、年間100万分の1で死亡の可能性があります。これは、非常に低いリスクです。10,000個のドアの内1匹の熊がいるドアを開けるよりもはるかに低い確率です。

QRAでは多くの数値を用いてリスクを示しますが、数値はどのような意味を持っているのでしょうか？ どのような数値であれば、高いリスクでしょうか？ どのような数値であれば、低いリスクでしょうか？ 許容できる、または受容できるリスクとはどのようなものなのでしょうか？ もし皆さんが、これらの質問に答える準備ができていない場合は、QRAは実施しないでください。それでは、どうしてでしょうか？

What is Acceptable (Tolerable) Risk? Worldwide Benchmarking Data (CCPS)



13

ほとんどの企業は、許容できる、または受容できるリスクの基準を自分で決めることを望みません。というのは、もし悪いことに事故が起きた場合、当該企業はリスクが高すぎることを許容したことで非難されます。このような時の助けのために、CCPSは「Guidelines for Developing Quantitative Safety Risk Criteria.」を発行しました。この本には、世界の政府や業界で使用されているリスク許容基準が含まれており、許容基準を決める際の考慮事項が記載されています。QRAを実施するなら、この本をまず理解することを強くお勧めします。このスライドは、この本の要点をまとめたものです。

左側には、2つの異なるF-N基準が示されています。下の方はオランダの基準で、上の方はイギリス (UK) の基準です。これら2か国は、リスク基準について最も多くの研究を行ってきた国です。

英国とオランダの基準は非常に異なっているように見えます。N = 1000の死亡者では、4桁異なります。異常にみえますが、CCPSの本で説明されているのは、これらの各基準の仮定が大きく異なるため、基準も大きく異なります。詳細を説明する時間はありませんが、英国の基準は、大規模な製油所や化学プラントなどの主要な産業施設に適用するものです。オランダの基準は、ターミナルなどの小規模な施設向けに開発された基準です。QRAを使用するほとんどの主要企業は、英国モデルに基づいて基準を定めています。これが、QRAを専門家が行う必要があるもう1つの理由です。リスクアセスメントは適切な基準と常に比較する必要があるからです。

もう一つ、他のリスク許容基準として、クマとドアの演習と同じように、個人リスクに関するものがあります。世界的に用いられている数値は、それが既存または新規の施設、従業員、または一般人であるかどうかに応じて、年間死亡確率は**1/1000**から**1/1,000,000**の範囲です。**1/1000**のリスクでドアを開けることを恐れた人は、おそらくプロセスプラントに近づかないようにする必要があります。これは、オペレーターやメンテナンス作業員など、プロセスプラントの一部の人々がほぼ常に背負っているリスクだからです。

Quantitative Risk Assessment (QRA) *Example Applications*

- Add a new high risk process unit to an existing facility
- Decide on a facility location
- Compare alternate high risk process designs
- Decide if additional risk reduction is required for an existing facility



リスク許容基準に関する理解が進んだと思いますので、次は、QRA実施を検討する必要がある状況について考えてみましょう。

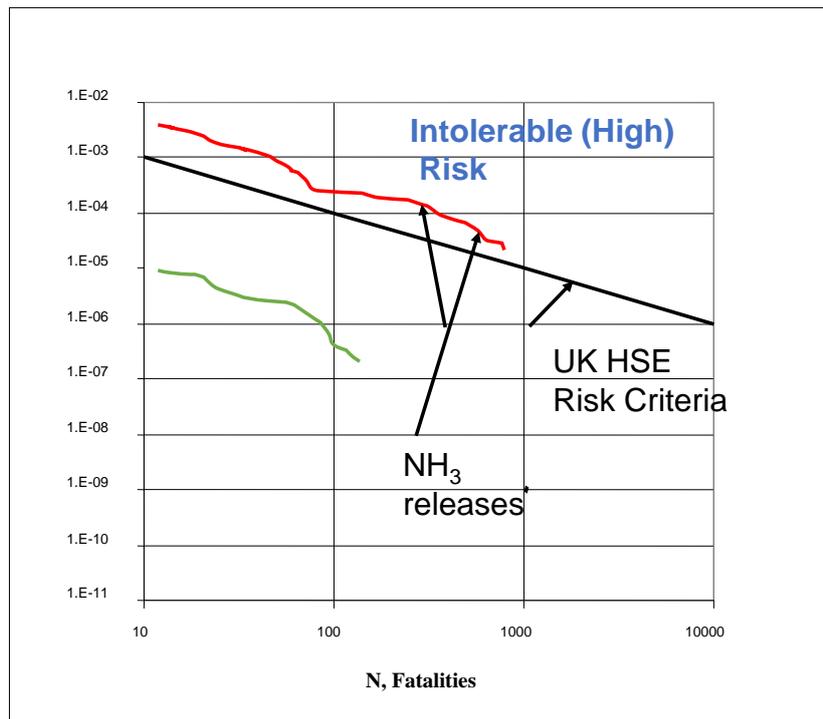
- 既存の施設に新しいリスクの高いプロセスユニットを追加するような場合です。このようなことに関連していますが、ちょうど36年前の1984年12月3日、ボパール（Bhopal）の事故が発生し、数千人が死亡しました。有毒物質の放出は、既存の施設に追加された新しいリスクの高いプロセスユニットから発生しました。

- 施設の場所を決定すること
 - 代替のリスクの高いプロセス設計を比較する
 - 既存の施設に追加のリスク削減策が必要かどうかを判断する
- この最後の箇条書きは、企業が実施することができる最も難しい決定の1つです。

施設がそこに立っている。それは長い間そこにあったのかもしれませんが。リスクを軽減するための変更は非常に費用がかかるものです。しかし、事故が一たび起これば、非常にひどいことになります。じゃあ、皆さんは何をしますか？リスクはどのくらい高いのでしょうか？

下の写真は、東南アジアの非常に古い施設の例を表しています。写真に示すように、何年にもわたって、人々は家をフェンスのすぐ近くまで近づけていきました。配管や設備もフェンスやコミュニティに非常に近くなりました。

Existing Facility Risk Reduction QRA Example Application



Risk reduction measures taken:

- Removing anhydrous ammonia storage
- Relocating product storage tanks away from plant boundary
- Providing additional safeguards for high risk processes

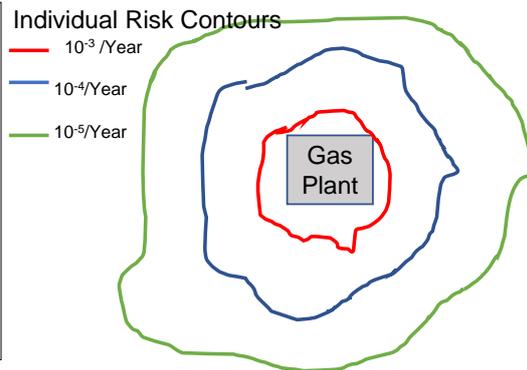
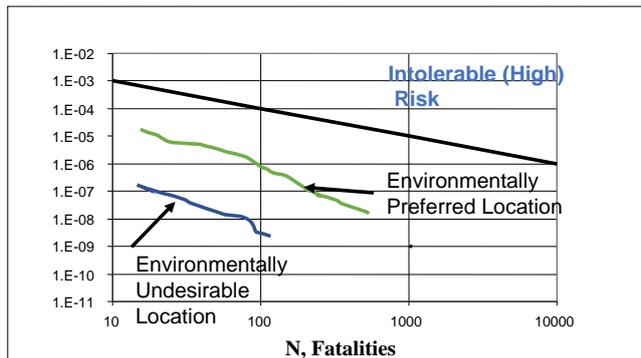
QRAが実施され、リスクは英国のリスク許容基準ラインを上回っていました。QRAでは、リスクの多くが現場に大量の無水アンモニアを貯蔵した結果で高くなっていることを示していました。会社は、次の方法でリスクを軽減するための措置を講じました。

- 無水アンモニア貯蔵設備の撤去
- 製品貯蔵タンクをプラント境界から離れた場所に移設
- リスクの高いプロセスに追加の安全対策を実施

リスクアセスメントにより、プロセスエンジニアはリスク削減について考えるようになりました。彼らは、大量のアンモニアを貯蔵する必要がないことに気づきました。アンモニアを除去しました。アンモニアを除去することにより、施設はもはや1000人近くの一般市民の死者を出す可能性がなくなりました。

Decide on Facility Location

QRA Example Application

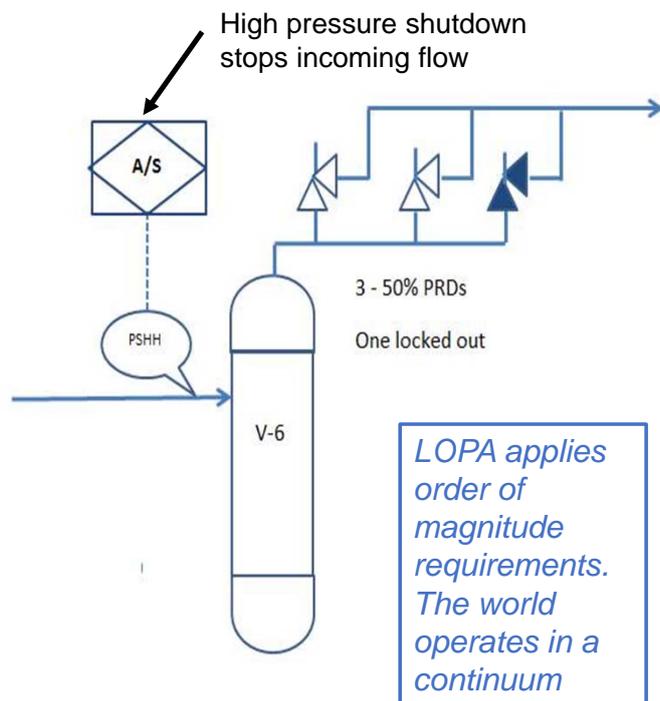


さらに2つの例を挙げます。左側は西アフリカのLNGプラントです。プラントをどこに配置するかについて、パートナーの間で大きな議論がありました。政府は、ジャングル地域の奥深くにLNGプラントを建設して、産業開発のための土地を増やすことを望んでいました。他のパートナーは、ジャングルで非常に深刻な環境被害を引き起こすことを心配し、この写真の場所をより好みました。しかし、この場所は都市の近くにあり、一旦事故が起こると一般市民に影響を与える可能性があります。

そこで、QRAが両方の場所に対して実施されました。予想通り、ジャングルの方は人々へのリスクが非常に低かったが、都市の場所もリスク許容基準をはるかに下回るリスクとなり、結果として写真の場所、都市の近くが選ばれました。このように高いリスクを許容するためにQRAが使用されたのです。

次に、右の例は、中国の高濃度の硫化水素を扱うガスプラントです。QRAではリスクコンターが作成されました。プラントの周囲の立入禁止区域を決めるために、 10^{-4} のコンター（等高線）が用いられました。人々はその立入禁止区域内に家を建てて住むことを許可していません。

LOPA – Thinking is Required



- Process involves clean, dry natural gas
- Vessel is protected from overpressure by 3-50% relief valves, on locked out
- Vessel is also protected by a SIL1 high pressure shutdown that stops incoming flows
- A HAZOP, with an experienced team, concluded the risk is acceptable
- A LOPA concluded more layers of protection are needed
- Which is right?

17

最後に、LOPAについて簡単に説明します。LOPAにも思考が必要です。LOPAは、事象の発生頻度の桁レベルの変化に依存しますが、リスクマトリックスなどの定性的判断にも基づいています。その最初の判断が間違っていると、LOPAはそれを悪化させる可能性があり、リスクは2桁以上過少評価される可能性があります。現実の世界は白黒ではなく、灰色です。現実の世界では桁レベルでリスクや頻度等は変わらないのです。

これは実際のケーススタディです。3つの50%安全弁を備えた容器があり、そのうちの1つはロックアウト（使用停止状態）されています。安全弁は定期的に取り外してテストしますが、これは非常にクリーンで乾燥した製品であるため、常に検査に合格しています。容器の上流には、SIL1の高圧シャットダウンシステムもあります。

LOPAが実施されました。HAZOP-LOPAでは、機器の突発故障が生じた場合、5人の死亡者が発生する可能性がある結果になりました。したがって、LOPAでは、別のSIL1の安全対策が必要であると結論付けました。HAZOPで死亡者が3人だけであると結論付けた場合、追加のSIL1安全対策は必要ありませんでした。

残念ながら、多くの企業は、LOPAに盲目的に従い、適切な判断を下さず、プラントをより安全にしていると考えて多くのお金を浪費するという罠に陥っています。3人と5人の死亡者の違いは、推測と意見の問題です。LOPAは、桁レベル

の差異は起こるものという考えに基づいて実行されています。世界は灰色です。適切な判断を下し、LOPAの使用を意図された状況に限定する必要があると思います。

Questions??? Comments?

Thank You!

18

ご清聴、ありがとうございました。質問・コメント等があればQ&A機能をご利用の上、ご記入の上、送付お願いいたします。
司会のものが主な質問をとりまとめ、講演者のデーブさんにご質問の上の講演者のデーブさんからの英語でのご回答後、出光興産のラーマンさんが日本語でお伝えいたします。