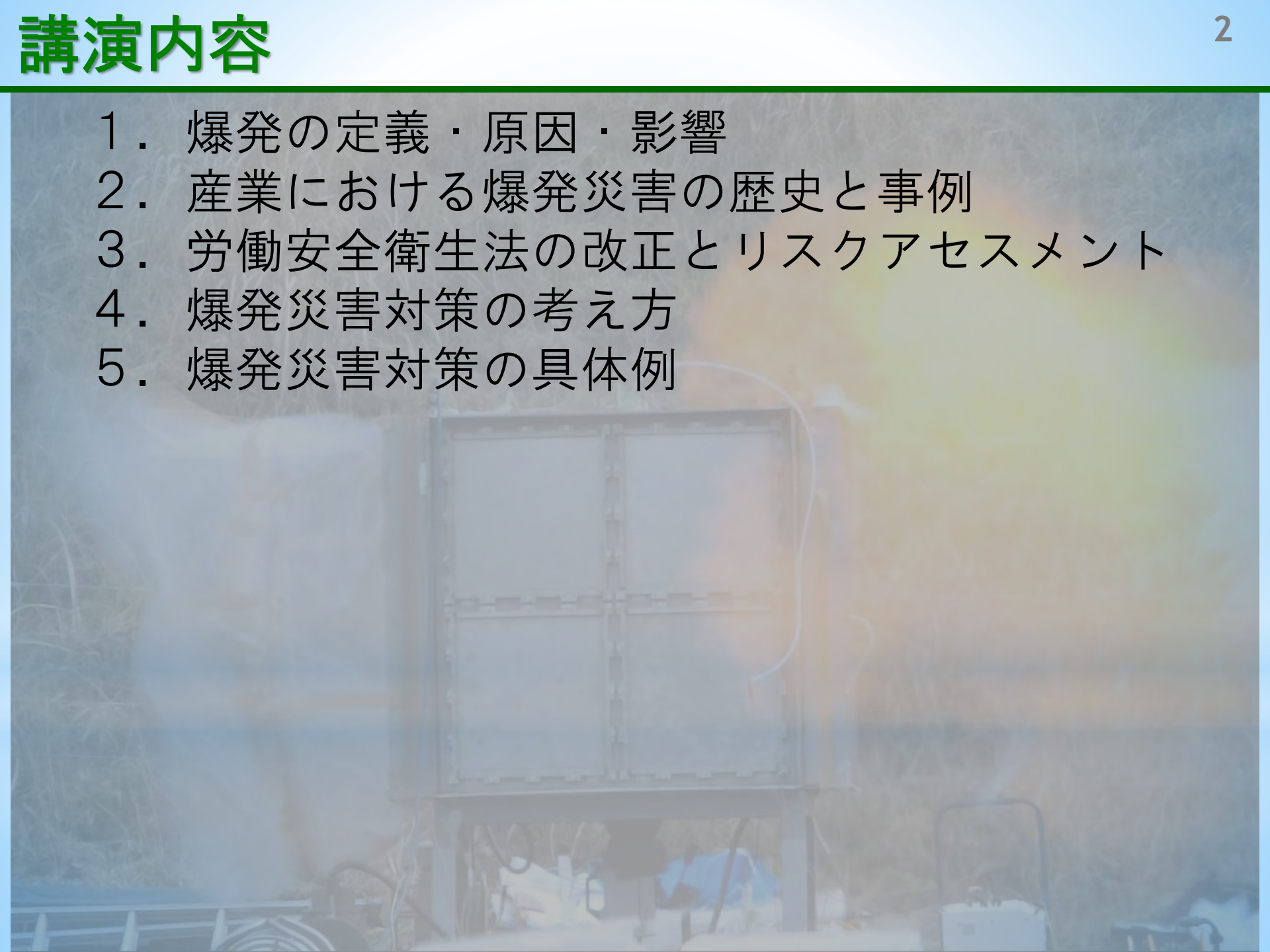


# 爆発災害のこれまでと これから

労働安全衛生総合研究所 大塚輝人

# 講演内容

1. 爆発の定義・原因・影響
  2. 産業における爆発災害の歴史と事例
  3. 労働安全衛生法の改正とリスクアセスメント
  4. 爆発災害対策の考え方
  5. 爆発災害対策の具体例
- 



# 爆発とは？

爆発とは、**圧力**の**解放**である。



←Redoubt山の噴火

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/17/MountRedoubtEruption.jpg>



火薬16tの爆ごう→

[https://en.wikipedia.org/wiki/File:NTS\\_-\\_BEEF\\_-\\_WATUSI.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:NTS_-_BEEF_-_WATUSI.jpg)

BLEVE(沸騰液膨張蒸気爆発)→

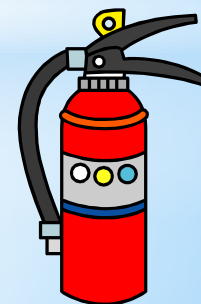
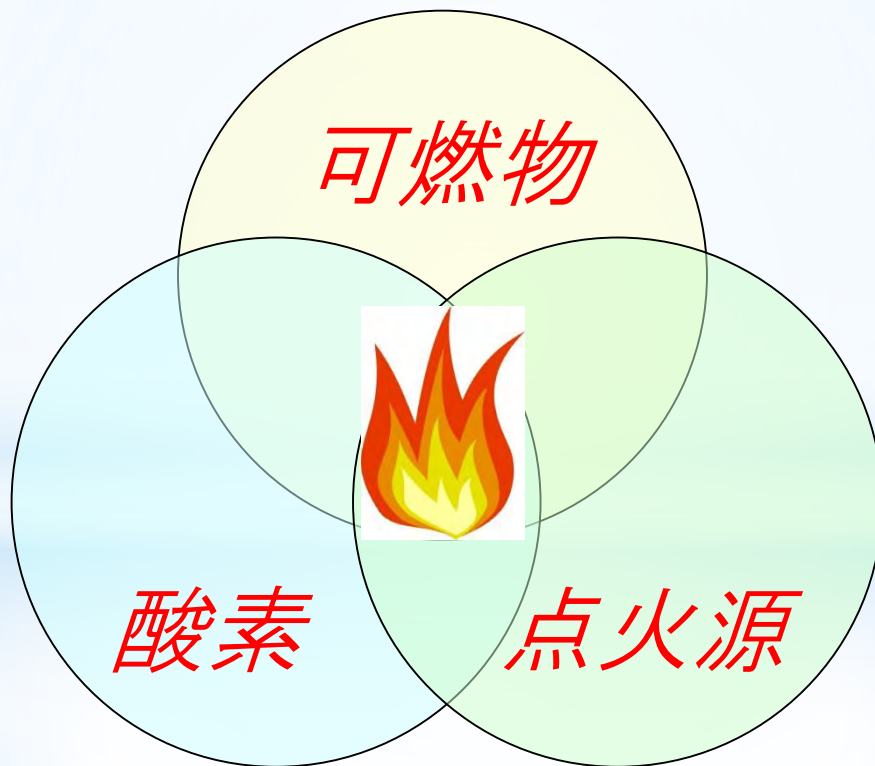


[https://en.wikipedia.org/wiki/Boiling\\_liquid\\_expanding\\_vapor\\_explosion](https://en.wikipedia.org/wiki/Boiling_liquid_expanding_vapor_explosion)

# 化学的な爆発

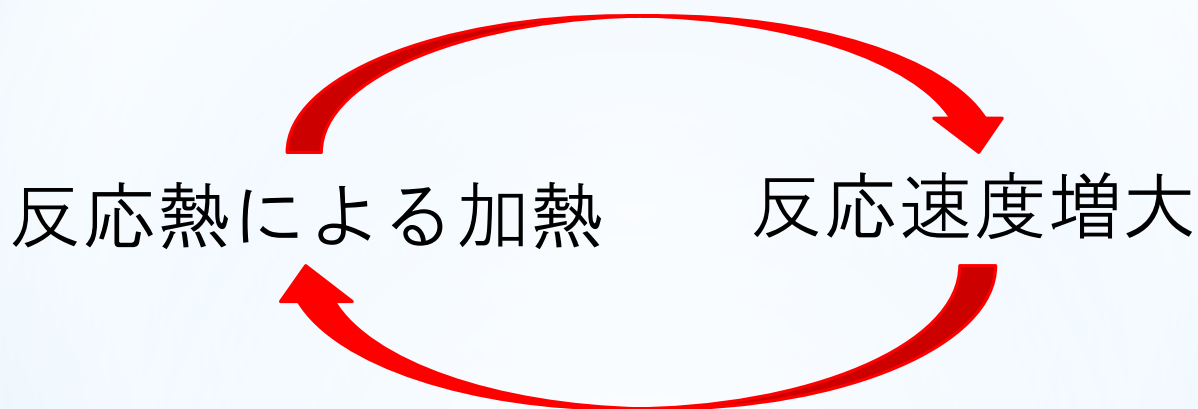
## 燃烧の三要素

- ・ 可燃物 (可燃性物質)
- ・ 酸素供給源 (支燃物)
- ・ 点火源



# 反応暴走

反応速度が制御不可能なほどに大きくなり、反応系内の温度、圧力などが急激に上昇する危険な状態



反応速度は温度の指数関数

10度上昇→**2**倍

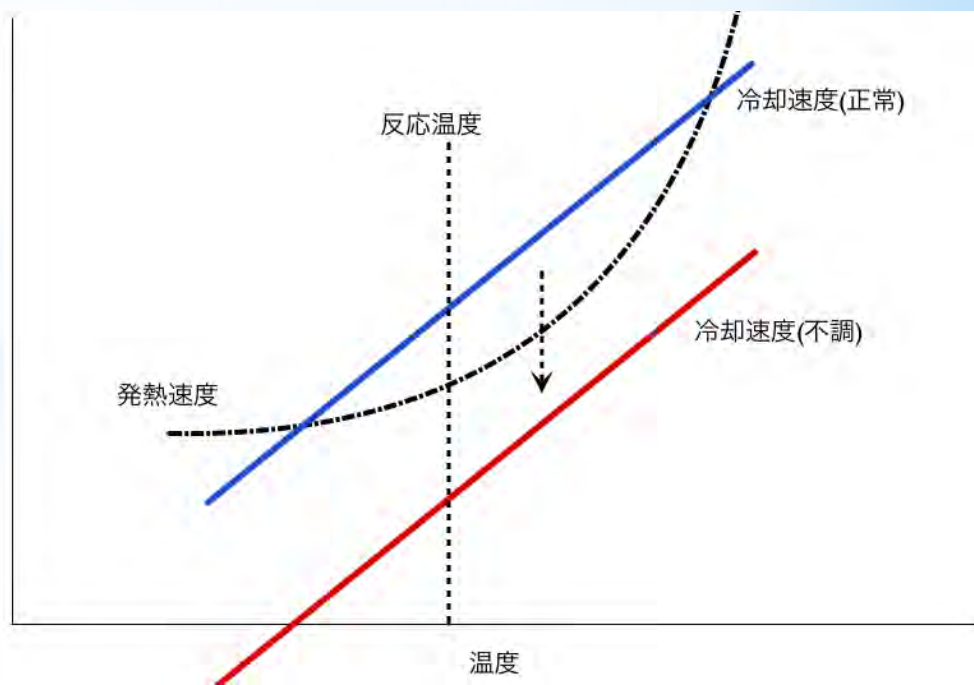
20度上昇→**4**倍

30度上昇→**8**倍

サイズが2倍になると

表面積→**4**倍  $\propto$  除熱

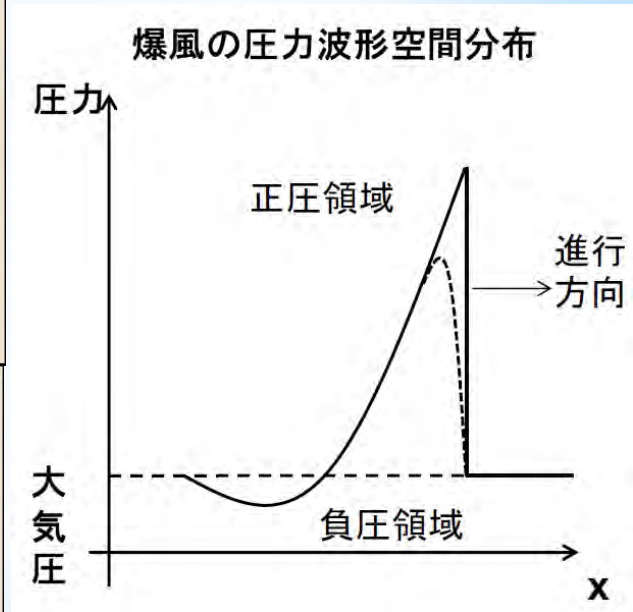
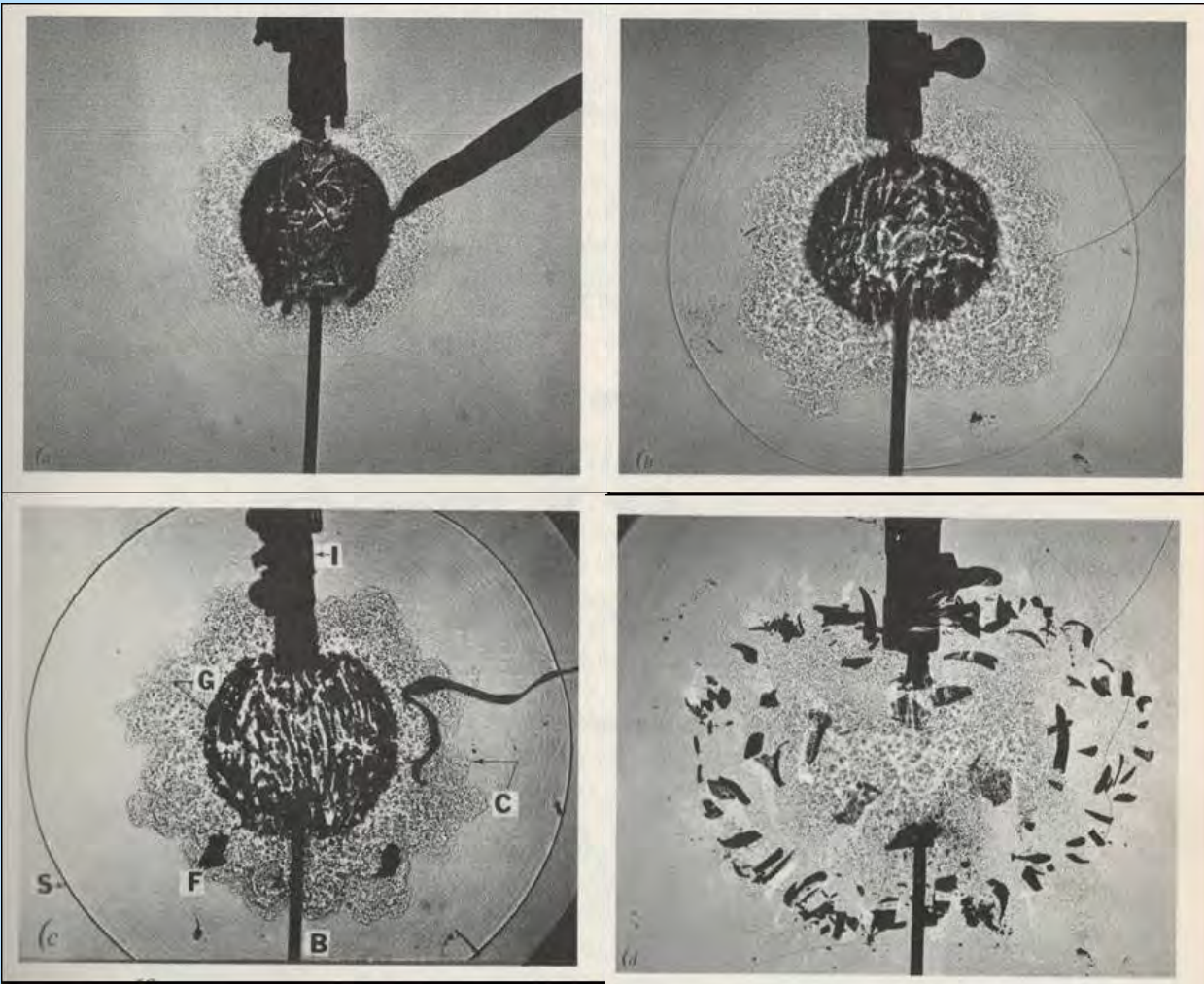
体積→**8**倍  $\propto$  発熱





# 物理的な爆発

## 爆風の形成過程



高压ガスのガラス容器を割って、爆風を作る実験(シュリーレン法による可視化)

# 目に見える爆風



爆風

AISTによるDMEの  
爆ごう実験



# 産業における爆発の始まり

爆発災害は1000年以上昔から発生していた。

19世紀以降の**化学の発展**に伴い、工業的に生産・貯蔵されるようになり爆発災害が頻発した。

1912年の空中窒素固定法により**窒素酸化物**を生産できるようになり大規模化した。

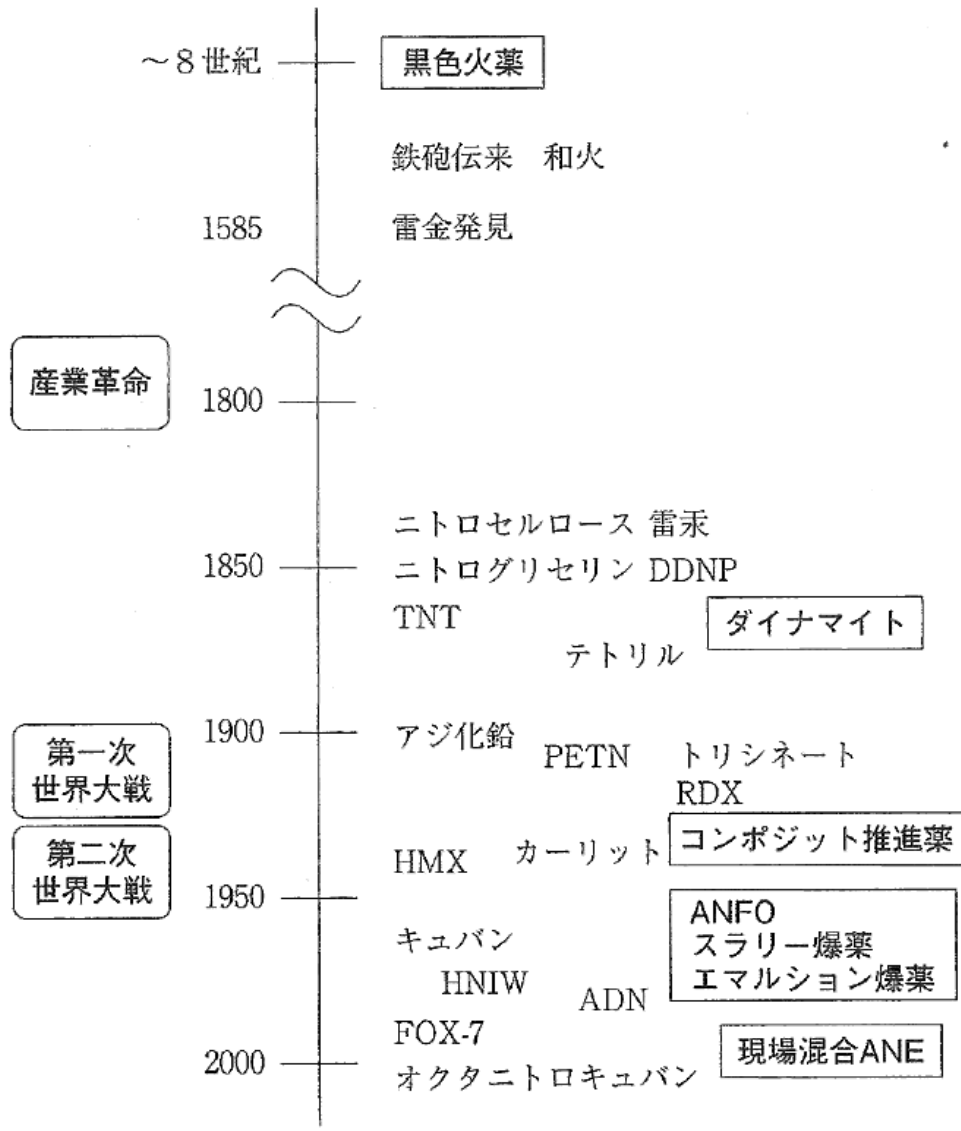


図 3-1 火薬の歴史



# 産業における爆発の歴史

オッパウ大爆発(1921年9月21日)

ニューロンドンハイスクールガス爆発(1937年3月18日)

ヒンデンブルク号爆発事故(1937年5月6日)

テッセンデルロー肥料工場爆発事故(1942年4月29日)

テキサスシティ大災害(1947年4月16日)

ルートヴィヒスハーフェン爆発事故(1948年7月28日)

ロス・アルファケス大惨事(1978年7月11日)

シベリア横断ガスパイプライン大爆発(1982年6月)

グアダラハラ爆発事故(1992年4月22日)

龍川駅列車爆発事故(2004年4月22日)

テキサス州肥料工場爆発事故(2013年4月17日)

ラック・メガンティック鉄道事故(2013年7月6日)

天津滨海新区倉庫爆発事故(2015年8月12日)

# ドイツ・オッパウでの爆発1

1921年9月21日の硝酸・硫酸アンモニウム肥料の大爆発



PART OF THE RUINS OF OPPAU AFTER THE DISASTROUS EXPLOSION

**T**HE wreckage, September 21, by explosions, followed by fire, of the great dye works at Oppau, near Ludwigshafen on the Rhine, when several hundred persons were killed and thousands injured, was the greatest disaster of its kind that has ever occurred in Germany, and probably in the world. The entire plant was destroyed, as well as the greater part of the surrounding town. The first explosion occurred at the huge gas holders, and the above picture shows the resulting wreckage in their immediate vicinity. Seismographs at Stuttgart Observatory, some 85 miles away, registered the shock of the first explosion shortly after 7:30 a. m., and a second, more violent one, 22 seconds later. Damages to buildings were reported within a radius of over 50 miles from Oppau.

- ・ **561**人死亡、1952人負傷、7500人住居喪失
- ・ **90m × 125m**、深さ**20m**のクレーターが出来る。
- ・ **1000 ~ 2000 t TNT**火薬換算の威力の爆発と推算された。
- ・ **25km**の地点で窓ガラスの破損があり、**275km**離れたミュンヘンで爆発音が聞こえた。
- ・ **4500t** の混合肥料が爆発した。
- ・ **硝酸アンモニウム**は、硫酸アンモニウムとの混合で60%以下なら、爆発しないとされていた。
- ・ 混合肥料は吸湿性で固まるので、しばしば爆薬で粉碎していた。約**2万回**の実施でも事故は無かった。



# 化学プラントの変更管理の徹底を要請

平成25年4月基発0426第2号通達を受けて

- ・ **リスクに変化**が生ずることがあり得るので留意
- ・ プラントの設計・設置段階のR Aの**前提条件**やリスク低減措置の**適用範囲**を確認
- ・ **非定常作業**時も想定
- ・ R Aの実施に必要な**情報を確実に伝達**する体制を確立
- ・ 実施体制の整備等による**現場力の維持・向上**

# 他の災害と何が違うのか？

**物質の情報**が必要

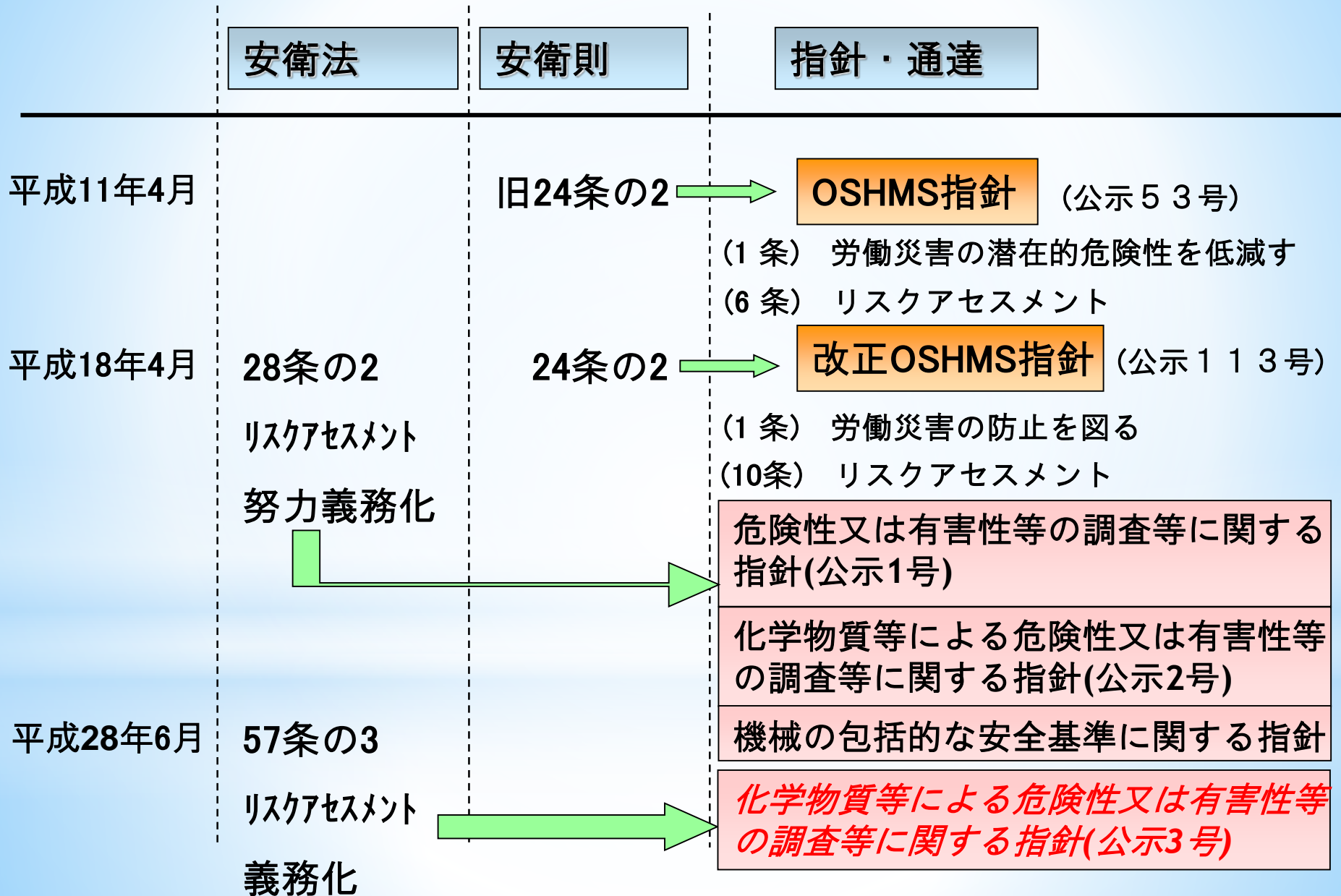
サイズや時間の効果が**指数関数的**

**閾値からの予測**がつけづらい

**状態の把握**が困難

災害**規模が大きい**

# OSHMS関係法律改正の流れ





# RA・OSHMS実施の根拠

## 安全衛生法第28条の2

危険性又は有害性等(第五十七条第一項の政令で定める物及び第五十七条の二第一項に規定する通知対象物による危険性又は有害性等を除く。)を調査し、その結果に基づいて、この法律又はこれに基づく命令の規定による措置を講ずるほか、労働者の危険又は健康障害を防止するため必要な措置を講ずるよう努めなければならない。

## 安全衛生法第57条の3

事業者は、厚生労働省令で定めるところにより、第五十七条第一項の政令で定める物及び通知対象物による危険性又は有害性等を調査しなければならない。

2 事業者は、前項の調査の結果に基づいて、この法律又はこれに基づく命令の規定による措置を講ずるほか、労働者の危険又は健康障害を防止するため必要な措置を講ずるよう努めなければならない。

3 厚生労働大臣は、第二十八条第一項及び第三項に定めるもののほか、前二項の措置に関して、その適切かつ有効な実施を図るため必要な指針を公表するものとする。

4 厚生労働大臣は、前項の指針に従い、事業者又はその団体に対し、必要な指導、援助等を行うことができる。

# 化学物質に関連するOSHMS関係指針/通達<sup>27</sup>

- 労働安全衛生マネジメントシステムに関する指針  
(平成11年労働省告示第53号、改正平成18年厚生労働省告示第113号)
- 化学プラントにかかるセーフティ・アセスメントに関する指針  
(平成12年3月21日付け基発第149号)
- 危険性又は有害性等の調査等に関する指針  
(平成18年3月10日付け危険性又は有害性等の調査等に関する指針公示第1号)
- 危険性又は有害性等の調査等に関する指針について  
(平成18年3月10日付け基発第0310001号)
- 労働安全衛生マネジメントシステムに関する指針の改正について  
(平成18年3月17日付け基発第0317007号)
- 機械の包括的な安全基準に関する指針  
(平成19年7月31日付け基発第0731001号)
- 化学設備の非定常作業における安全衛生対策のためのガイドライン  
(平成20年2月28日付け基発第0228001号)
- 化学プラントの爆発火災災害防止のための変更管理の徹底等について  
(平成25年4月26日付け基発0426第2号)
- **化学物質等による危険性又は有害性等の調査等に関する指針**  
(平成27年9月18日付け危険性又は有害性等の調査等に関する指針公示第3号)
- 化学物質等による危険性又は有害性等の調査等に関する指針について  
(平成27年9月18日付け基発0918第3号)

# 指針詳細

- (1) 化学物質等による **危険性又は有害性の特定**
- (2) (1) により特定された化学物質等による危険性又は有害性並びに当該化学物質等を取り扱う作業方法、設備等により業務に従事する労働者に危険を及ぼし、又は当該労働者の健康障害を生ずるおそれの程度及び当該危険又は健康障害の程度(以下「**リスク**」という。)の **見積り**
- (3) (2) の見積りに基づく **リスク低減措置の内容の検討**
- (4) (3) の **リスク低減措置の実施**
- (5) リスクアセスメント結果の **労働者への周知**

労働安全衛生法施行令別表第9に掲げる**640**の化学物質等について、譲渡又は提供する際の容器又は包装への**ラベル**表示、安全データシート(**SDS**)の交付及び化学物質等を取り扱う際の**リスクアセスメント**の3つの対策を講じることが柱となっている。



# いつやるのか？

危険性又は有害性等の調査等に関する指針  
設備、原材料、作業等の新規採用・変更時、労災発生時、  
一定期間経過後

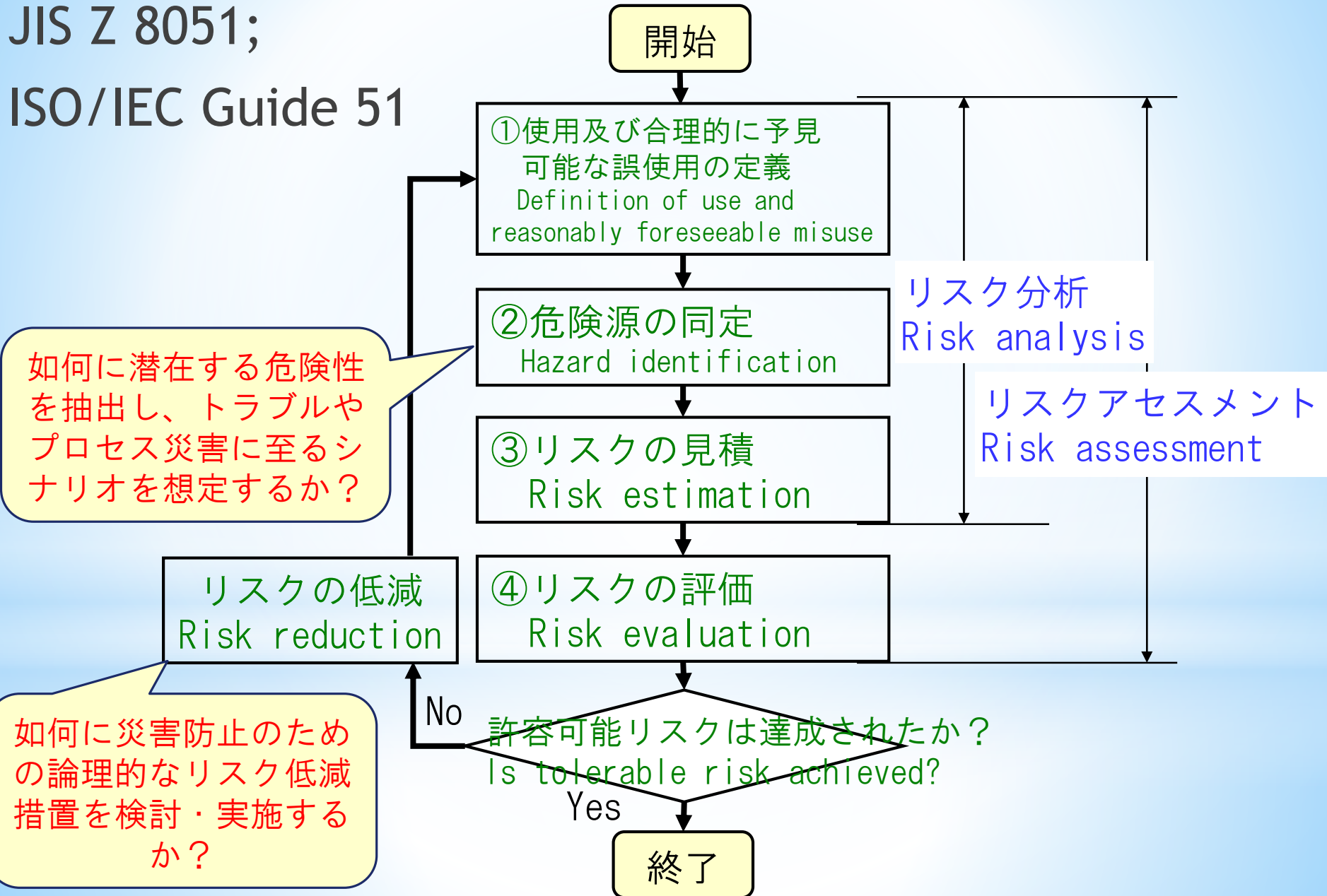
化学物質による危険性又は有害性等の調査等に関する指針  
化学物質等に係る設備、原材料、作業等の新規採用・変更時、  
SDSの変更時、労災発生時、一定期間経過後、対象物質の追加時

機械の包括的な安全基準に関する指針  
機械設備の設計段階及び導入段階時、労災発生時、  
新規知見の集積時

# プロセス災害防止のためのRA等の進め方 30

JIS Z 8051;

ISO/IEC Guide 51



# 一般的なリスクアセスメントシート

リスクアセスメント対象職場	実施担当者と実施日		実施担当者と実施日	

役職				
氏名				

①作業名 (機械・設備)	②危険性又は有害性と発生のおそれのある災害	③すでに実施している災害防止対策とリスクの見積り					④追加のリスク低減措置案と措置後のリスクの見積り					⑤措置実施日	⑥次年度以降に実施する低減措置案	⑦想定される残留リスクとその対応事例
		実施している災害防止対策	重篤度	可能性	頻度	リスク	追加のリスク低減措置案	重篤度	可能性	頻度	リスク			

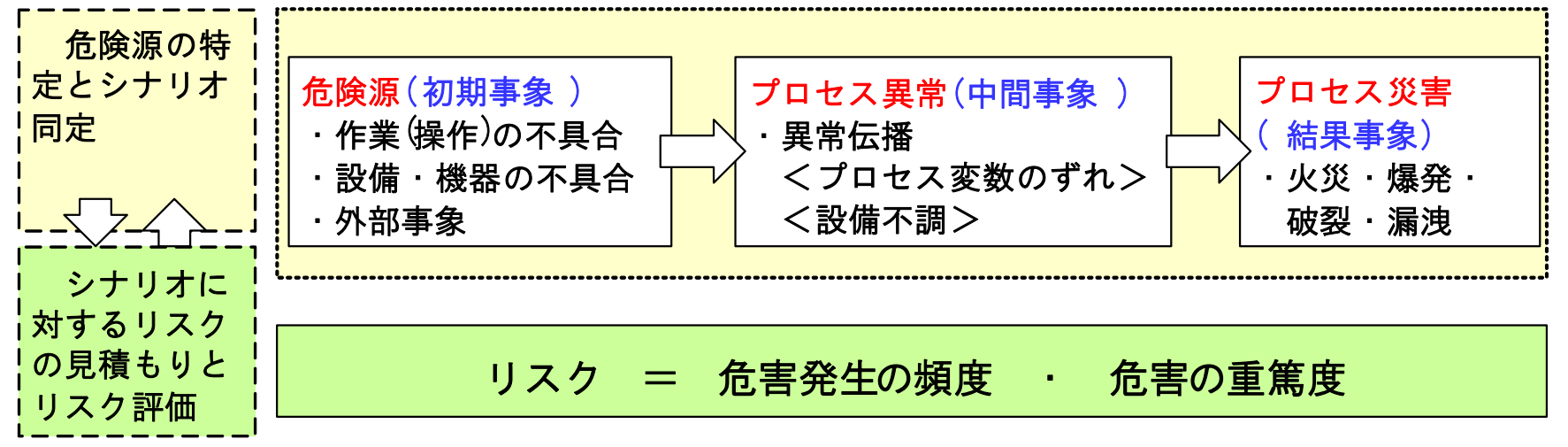
②危険性又は有害性と発生のおそれのある災害

いきなりシナリオを書き込むことができる？

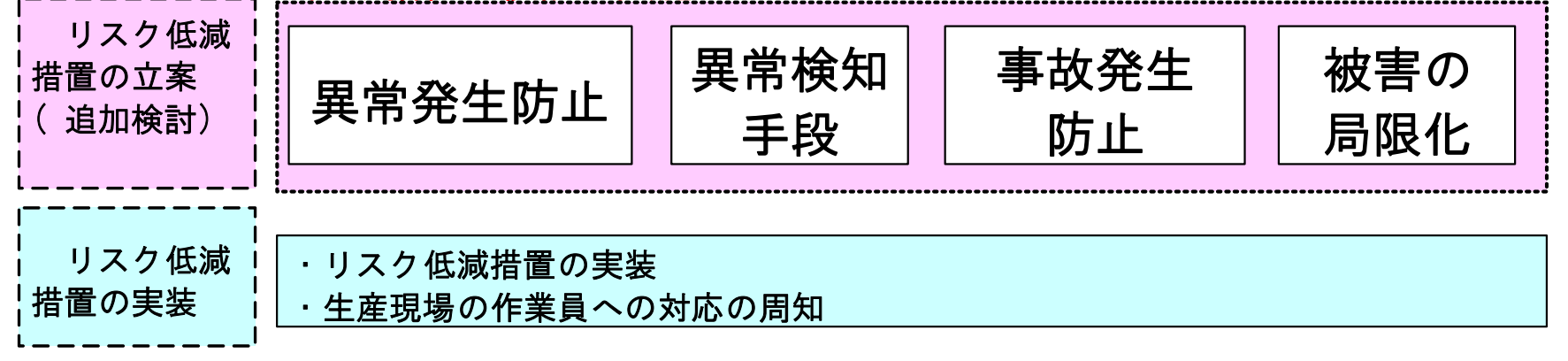


## STEP 1: 物質・プロセスの危険源有無の確認

## STEP 2: リスクアセスメント

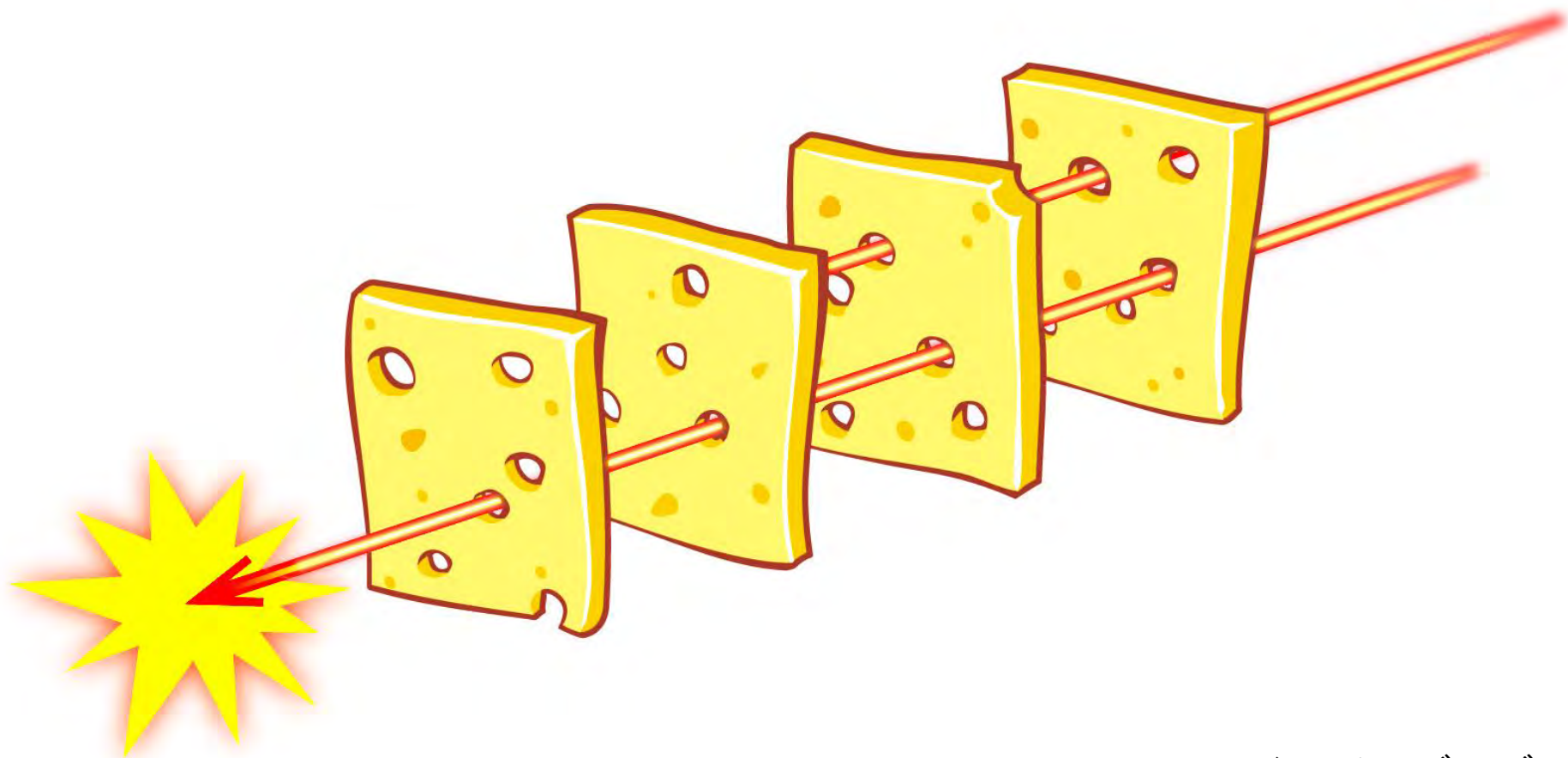


## STEP 3: リスク低減措置の検討・実施



# 見逃し

- ・ 完全な対策はない。
- ・ 多重化することで最終事象を避けられる場合がある。
- ・ 穴がそろわないように注意。(対策の独立性)



# 対策の立案1

リスク低減対策の種類

優先度



## 本質的対策

除去と代替      より安全な条件      保有量の低減

## 工学的対策

ハードで終る

## 管理的対策

マニュアル整備      注意喚起の表示      Not to do list

## 保護具の着用

最後の手段



# 対策の立案2

## リスク低減対策の目的

	説明
a) <b>異常発生防止対策</b> (主に原因系の対策)	主に初期事象の <b>発生を防止</b> するための対策。異常を発生させない、又は異常が発生しても封じ込めシステムの適切な設計などにより、正常な運転状態に保つ。
b) <b>異常発生検知手段</b>	異常発生時のプロセス変数(流量、温度、圧力、液レベル、組成など)の <b>ずれを検知</b> する手段。検知結果を基にa)c)d)の対策の機能を検討する。
c) <b>事故発生防止対策</b> (主に中間事象の対策)	主に初期事象発生からプロセス災害発生までの <b>異常伝播(中間事象)を防ぐ</b> ための対策。危険源が顕在化しても、事故まで発展させないようにする。
d) <b>被害の局限化対策</b> (主に結果系の対策)	主にプロセス災害発生後の <b>影響(被害)を減らす</b> ための対策。事故が発生しても事故の拡大を阻止する、又は避難等により被害をできる限り小さくする。

# 対策の多重化

## 独立防護層 (Independent Protection Layer)

### IPL 概要

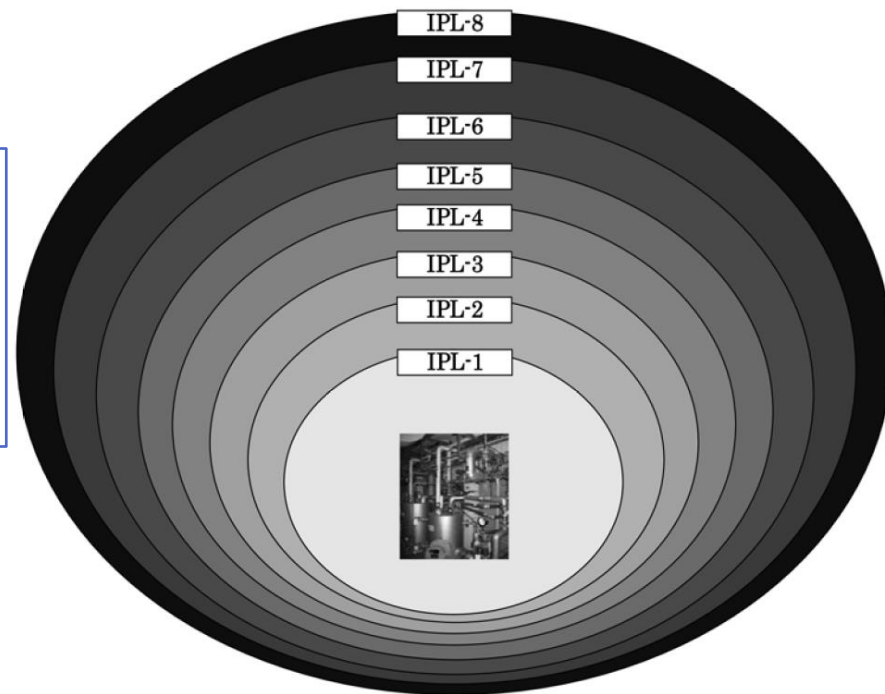
- 1 プロセス設計(本質安全)
- 2 Basic Plant Control System、プロセスアラーム、オペレータ監視
- 3 クリティカルアラーム(オペレータ監視と割り込み操作)
- 4 自動インターロックシステム
- 5 物理的防護(安全弁など)
- 6 物理的防護(防液堤など)
- 7 事業所内の緊急対応計画
- 8 地域住民・公共設備への緊急対応

異常防止

異常検知

事故防止

局限化



# 対策の例1

爆発圧力の放散 (TR-38)

フレイムレス爆発放散口

封じ込め (TR-47:2016)

爆発遮断弁システム

爆発抑制システム

受動的

能動的



爆発圧力放散口実験  
(メタン-空気当量比1 200L)

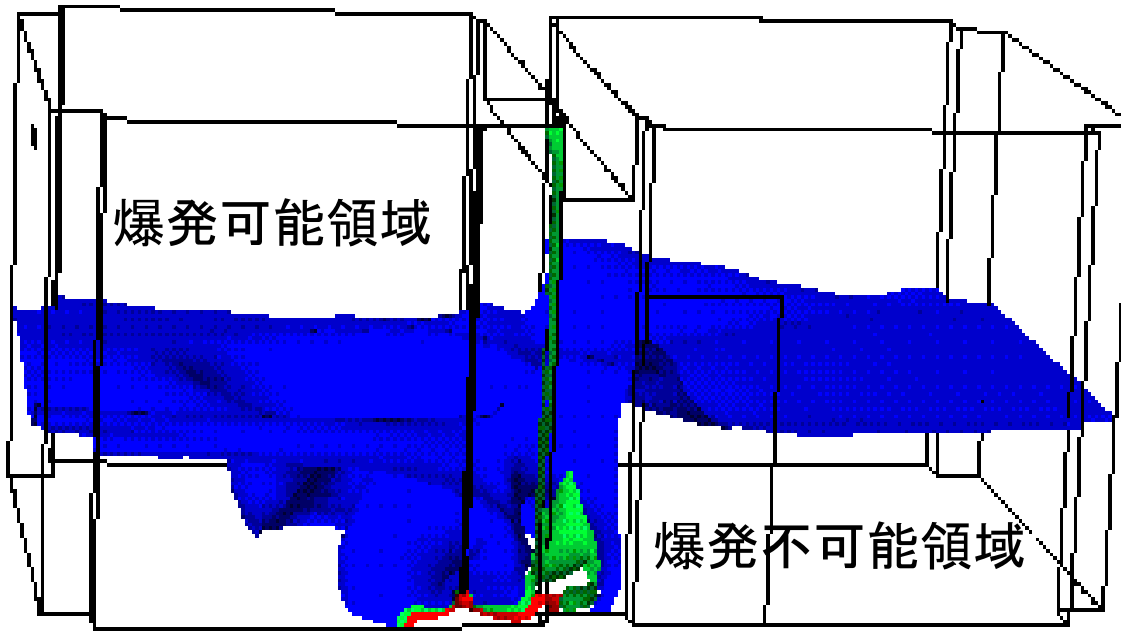


www.bsb-systems.jpからFactory  
Mutual製フレイムレス爆発放散口



# 対策の例2

## ガスの滞留



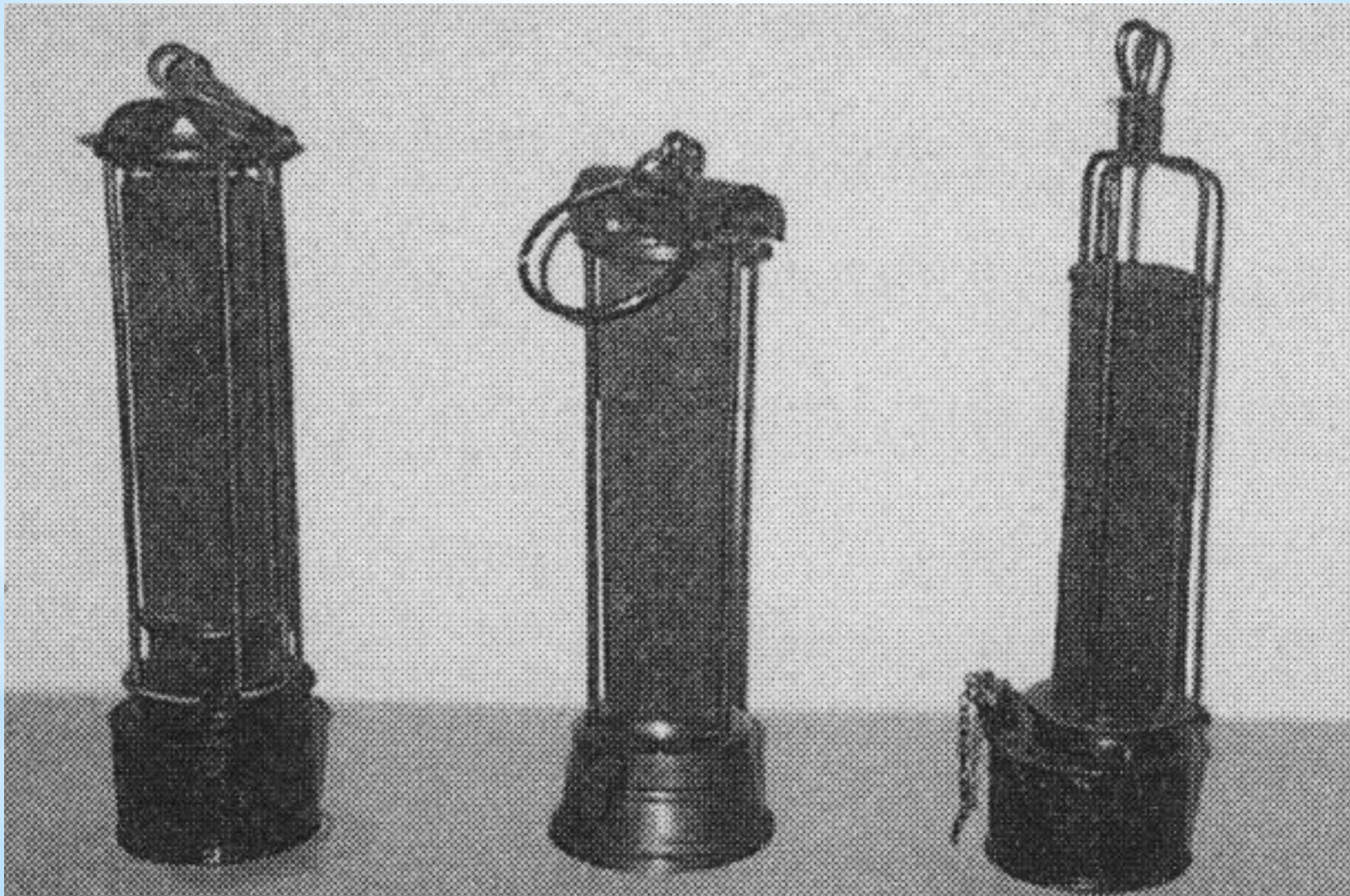
←地下室でのガス滞留の  
数値計算

地下におけるガス滞留対策→



# 対策の例3

## 金網による消炎



デービーの安全灯

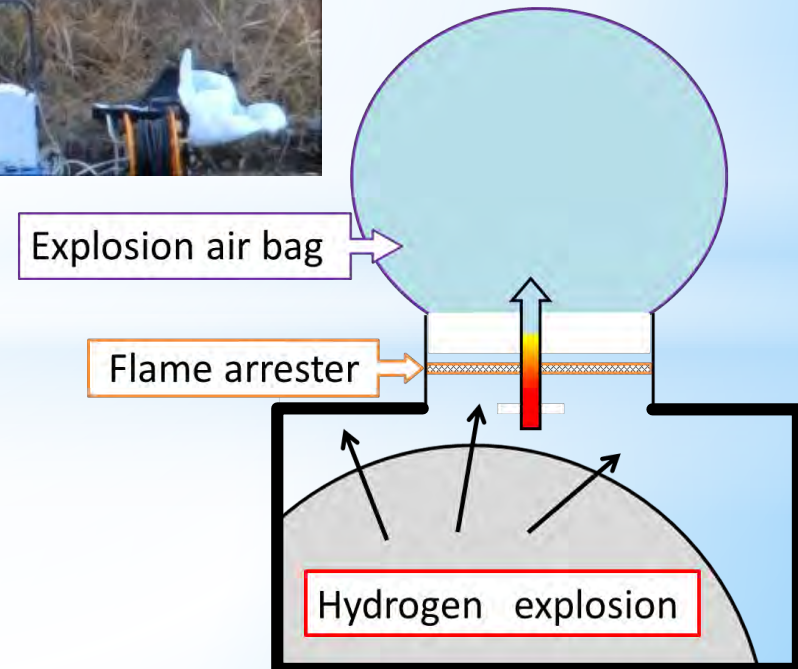


# 対策の例4



←爆発ガス捕集システム  
の野外実験

爆発ガス捕集システムの  
概念図↓



- ・ 容器/建屋内の **増圧を回避**し、有害物質の **拡散を抑止**。
- ・ 消炎素子によって、エアバッグへの **熱の流入を防ぎ**、**必要体積を減少**させる。