

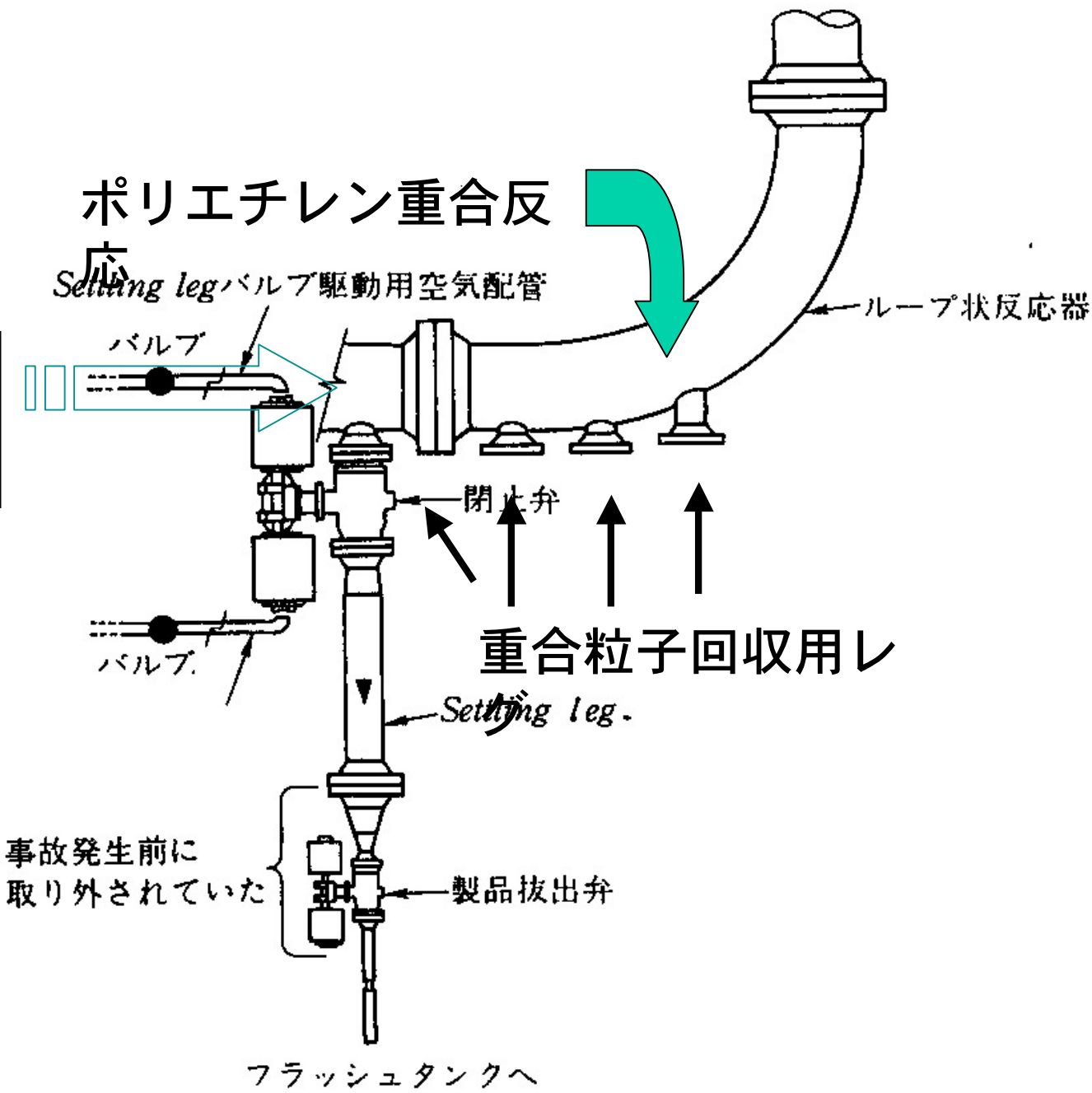
プロセス安全工学

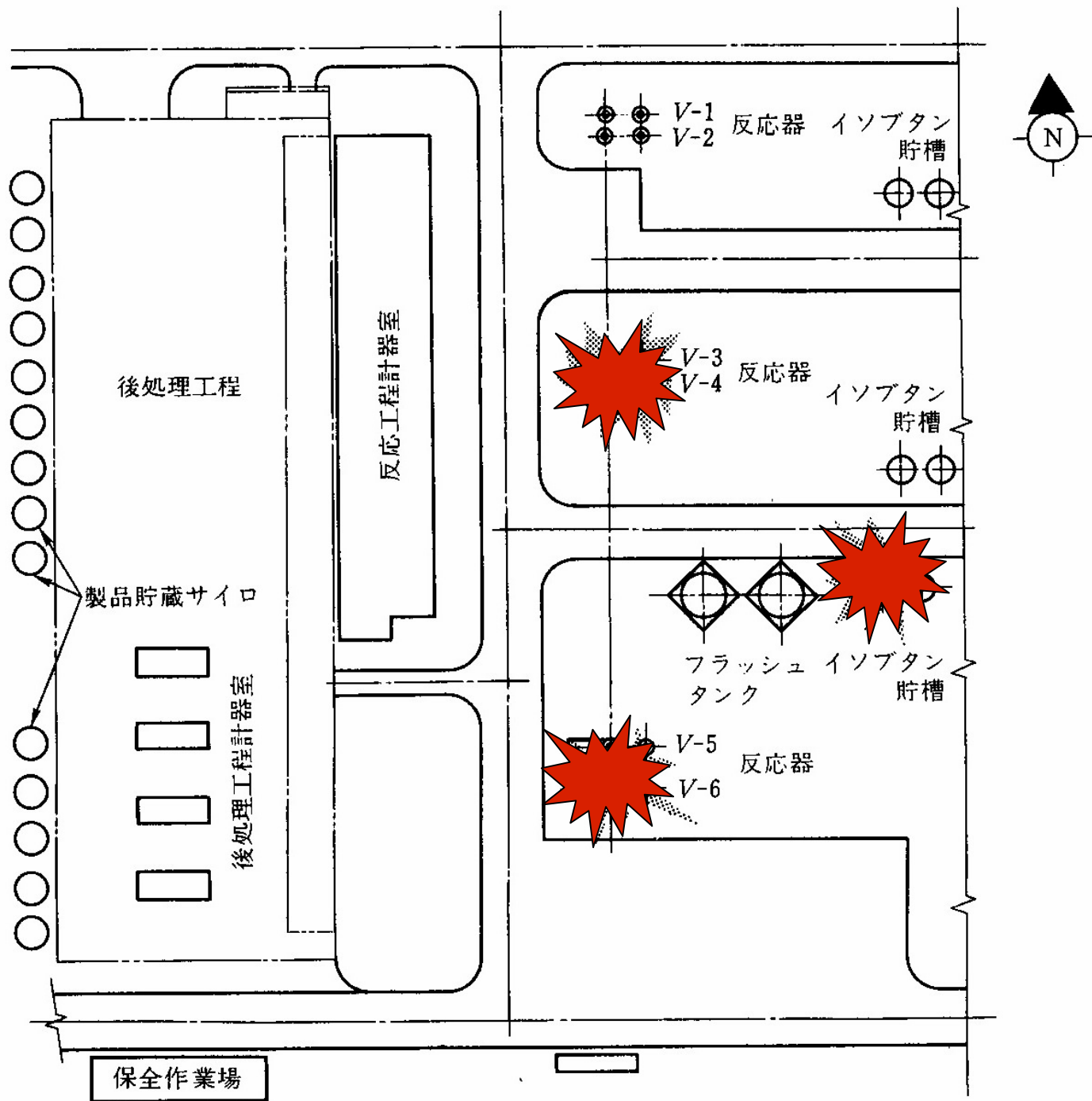
第3回 潜在的危険性（1）

パサデナ事故

- 1989年10月23日
- 米国テキサス州パサデナ
- フィリップス66社石油化学工場
 - ポリエチレン、ポリプロピレン、Kレジン
- 高密度ポリエチレン製造装置
 - 68万トン／年（全米の17％）
- 爆発・火災事故
- 死者23名、負傷者314名

イソブタン
エチレン





爆発限界

物質名	引火点 [℃]	発火点 [℃]	爆発限界 [vol%]	
			下限	上限
アセチレン	ガス	305	2.5	100
アセトン	-20	465	2.15	13
アンモニア	ガス	651	16	25
一酸化炭素	ガス	609	12.5	74
エタノール	13	363	3.3	19
エタン	ガス	472	3.0	12.5
エチレン	ガス	450	3.6	46
ジエチルエーテル	-45	160	1.9	36.0
水素	ガス	500	4.0	75
ブタン	ガス	287	1.6	--
プロパン	ガス	432	2.1	9.5
ベンゼン	-11	498	1.3	7.1
メタノール	11	385	6.0	36
メタン	ガス	537	5.0	15.0

化合物によって燃焼範囲
(爆発範囲) は大きく異なる。

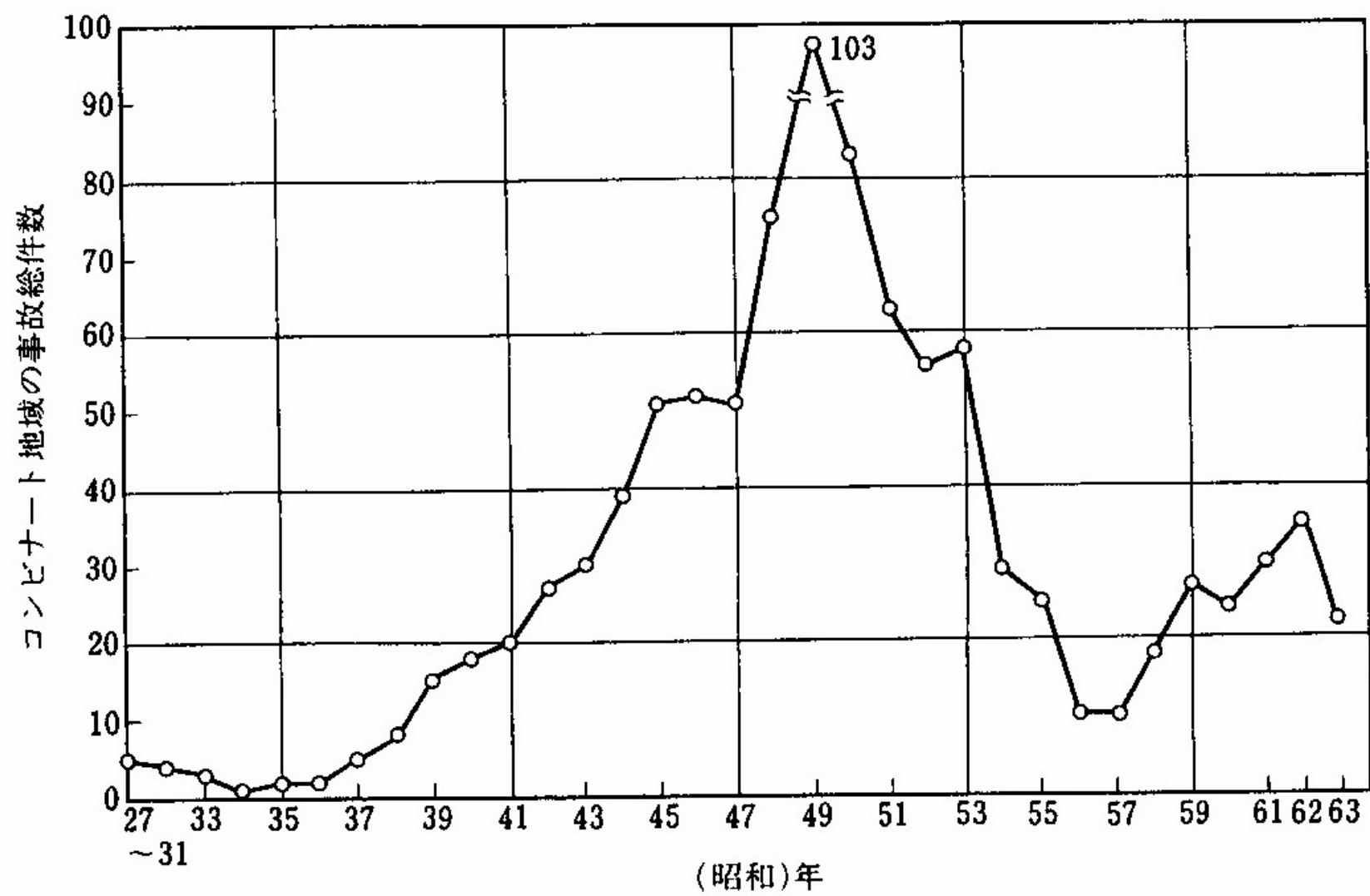
水素やアセチレンの燃焼範囲は非常に広く、爆発事故が多く起こるのはこの理由。

特に水素は拡散速度が大きく、空気ともよく混合する。

また、炭化水素ガスは一般に炭素数の多いものほど燃焼範囲がせまくなるが、下の限界が低くなるために

パサデナ事故の教訓

- 非定常作業中の安全対策
- 下請け会社社員の安全教育徹底
- 危険時の警報
- 危険物質の漏洩の可能性がある場所の着火源管理
- 防消火設備の維持管理
- ガス見地警報装置の配置と維持管理



状 態	総 合 計
定 常 運 転	540 (54 %)
非 定 常 運 転	461 (46 %)
内 訳	
スタートアップ操作時	126 (12.6 %)
シャットダウン操作時	42 (4.2 %)
定 修 時	87 (8.7 %)
修 理 中 (不 定 期)	62 (6.2 %)
そ の 他(臨時作業等)	116 (11.6 %)
不 明	28 (2.7 %)
合 計	1 001 (100 %)

化学プラントの危険特

性

- 取り扱いエネルギーが大
- 反応性、可燃性、毒性を有する物質
- 不純物の残存、混入、蓄積
- 昇圧、昇温、反応、分離などの複数操作
- 相変化に伴う危険性
- 幅広い温度、圧力条件
- 配管された集中設備による異常の拡大
- 機器振動に起因する構造材の疲労
- ブラックボックス的制御システム

化学プラントの潜在的危険性

- ・ 物質危険性

燃焼危険性

反応危険性

毒性危険性

- ・ 操作危険性

故障

磨耗や腐食による設備の損傷

誤操作

ハザードの認知と特定

- ハザード (Hazard)

- 被害をもたらす潜在性を持つ状況

- プロセス設計における安全評価例

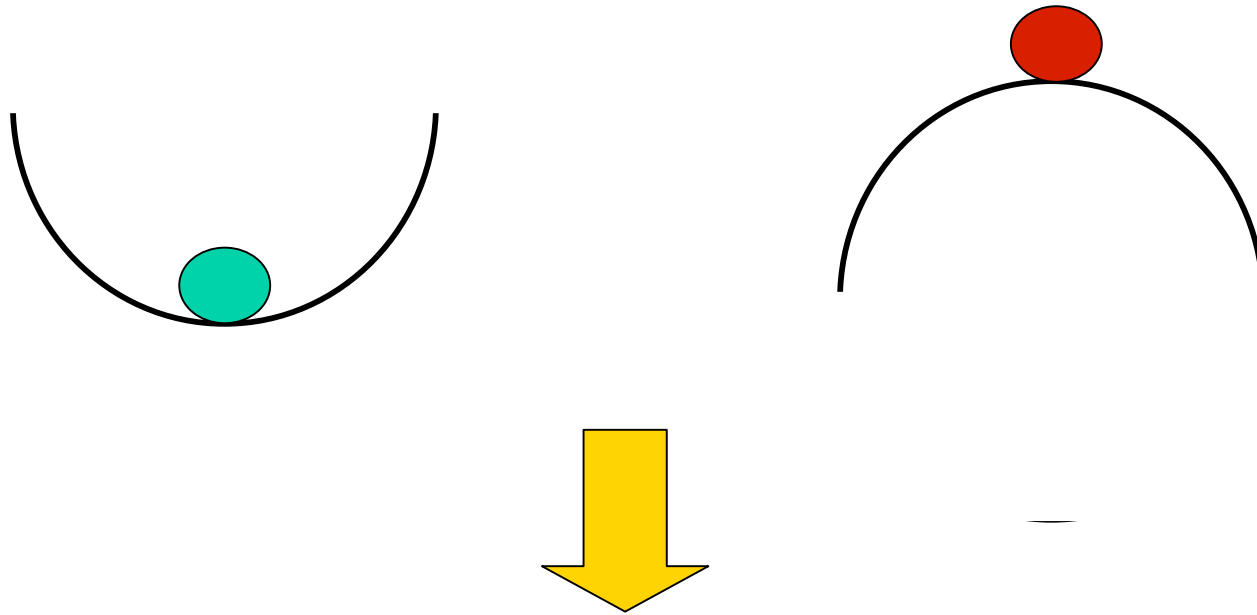
- 1 st Step : Hazardを認知・

- 特定
 - 2nd Step:様々な擾乱に対する変化を評価

- . . .

Inherent Safety .

— 固有の安全性



Inherently Safer Design.

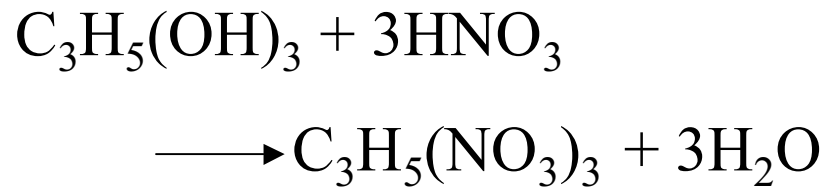
•Approach to Inherently Safer Design (by T. Klezt)

◎危険の回避

×付帯設備による危険の制御

- －漏れが問題にならない程の少量物質を使う。
- －代わりにより安全な物質を使う。
- －より安全な方法で危険物質を使う。
- －漏えいの機会を最小限にするよう設計・維持管理する。
- －発生するどんな漏れも発見すること。
- －漏れを隔絶する緊急遮断弁を使う。
- －開放構造により、漏出した物質を分散させる。
必要ならスチームカーテン、エアカーテンで補う。
- －既知の着火源をできるだけ遠くに移動する。
- －火災や爆発の影響を受けないよう人や設備を守る。
- －消化設備を設ける。

ニトログリセリン製造（１）



要冷却

1950年代まで

1 t の原料をバッチで
処理

* 反応は遅くはない

適切な混合が必要

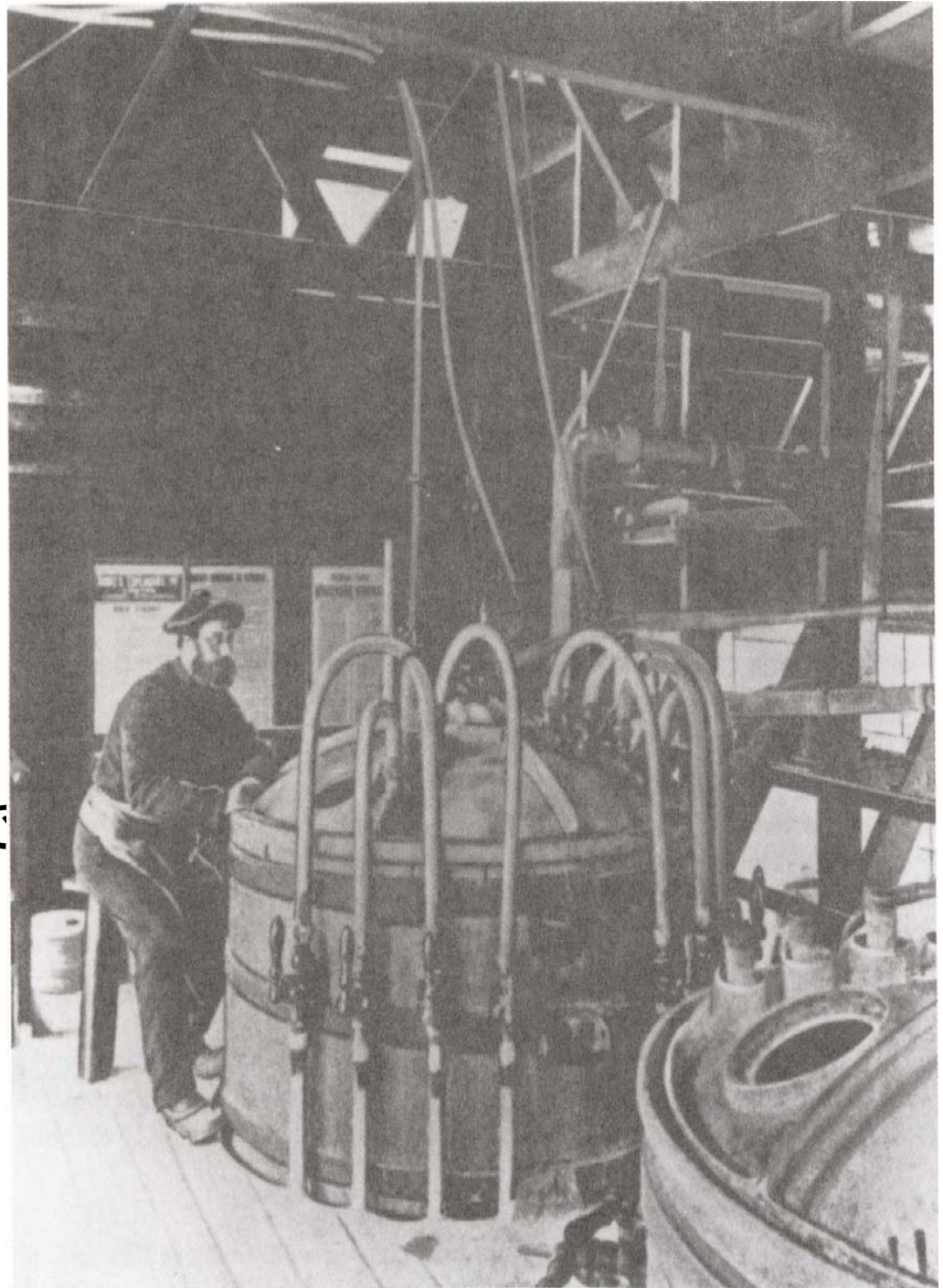


Figure 2.5 The old batch process for the manufacture of nitroglycerin

物質危険性

危険性物質

可燃性ガス

可燃性液体

易燃性物質

可燃性粉体

爆発性物質

自然発火性物質

禁水性物質

混合危険性物質

別表参照

危険性物質の評価指標

- 爆発範囲
- 引火点
- 発火温度
- 限界酸素濃度

爆発範囲

可燃性ガス・可燃性液体蒸気と空気・酸素の混合割合

着火源の存在で燃焼

爆発下限界（可燃性ガスの低いほうの限界）

爆発上限界（可燃性ガスの高いほうの限界）

プラントでは、可燃性ガスは空気・酸素の存在下では

扱わないのが基本

どうしても扱わざるを得ない場合

爆発下限界の 25 % 以下に維持（NEPA69）

引火点と発火温度

引火点：可燃性液体または固体に小さな口火を与えながら加熱・発火

可燃性液体：可燃性液体の蒸気の濃度が爆発下限に達する液の温度

ガソリン：－45℃

ケロシン：38～

72℃

発火温度：他から着火源を与えないで、物質を空気・酸素中で加熱・発火させる最低温度

容器、加熱速度の影響・・・物質固有の定数ではない

限界酸素濃度

可燃性ガスと空気の混合ガスに、不活性ガスを添加

⇒ 爆発限界が狭くなる。

⇒ 燃焼が不可能となるときの酸素濃度

空気の存在を前提として操作を行う場合

⇒ 限界酸素濃度に安全率をかけた濃度以

下

で操作

各種物質の燃焼特性

物 質	爆発範囲 ²⁾ [vol.%]	引火点 ²⁾ [°C]	発火温度 ²⁾ [°C]	限界酸素濃度 [%] ³⁾	
				N ₂ 添加	CO ₂ 添加
水素	4～75	—	500	5	5.2
一酸化炭素	12.5～74	—	609	5.5	5.5
メタン	5～15	—	537	12	14.5
エタン	3～12.5	—	472	11	13.5
プロパン	2.1～9.5	—	450	11.5	14.5
n-ブタン	1.9～8.5	—	287	12	14.5
n-ペンタン	1.5～7.8	< -40	260	12	14.5
n-ヘキサン	1.1～7.5	-22	225	12	14.5
エチレン	2.7～36	—	450	10	11.5

発火・熱爆発

- 自然発火
 - 発熱反応による熱発生速度 $>$ 放熱速度
 - 熱の蓄積、温度上昇、、発火
- 自然発火性の評価
 - 発火温度
 - 蒸気と空気の混合状態
 - 発熱条件
 - 放熱条件

Heat Transfer Oil

- 熱交換器、反応器の温度制御 . . .
 - 高い熱伝導特性
 - 高い比熱
 - 100度以上の加熱
 - . . .
- より安全な物質の採用
 - 酸化エチレン製造プラントでのKeroseneの不使用
 - Heat transfer oil の使用
 - より安定な物質の開発

Heat Transfer Oil

- 熱交換器、反応器の温度制御 . . .
 - 高い熱伝導特性
 - 高い比熱
 - 100度以上の加熱
 - . . .
- より安全な物質の採用
 - 酸化エチレン製造プラントでのKeroseneの不使用
 - Heat transfer oil の使用
 - より安定な物質の開発

冷媒

- 液化ガスの利用
 - エチレン、プロピレン
 - アンモニア
 - 可燃性ガス（ハザード）
- 代替物質
 - 液体窒素、炭酸ガス（直接接触冷媒）
 - フッ化炭化水素