

プロセス安全工学

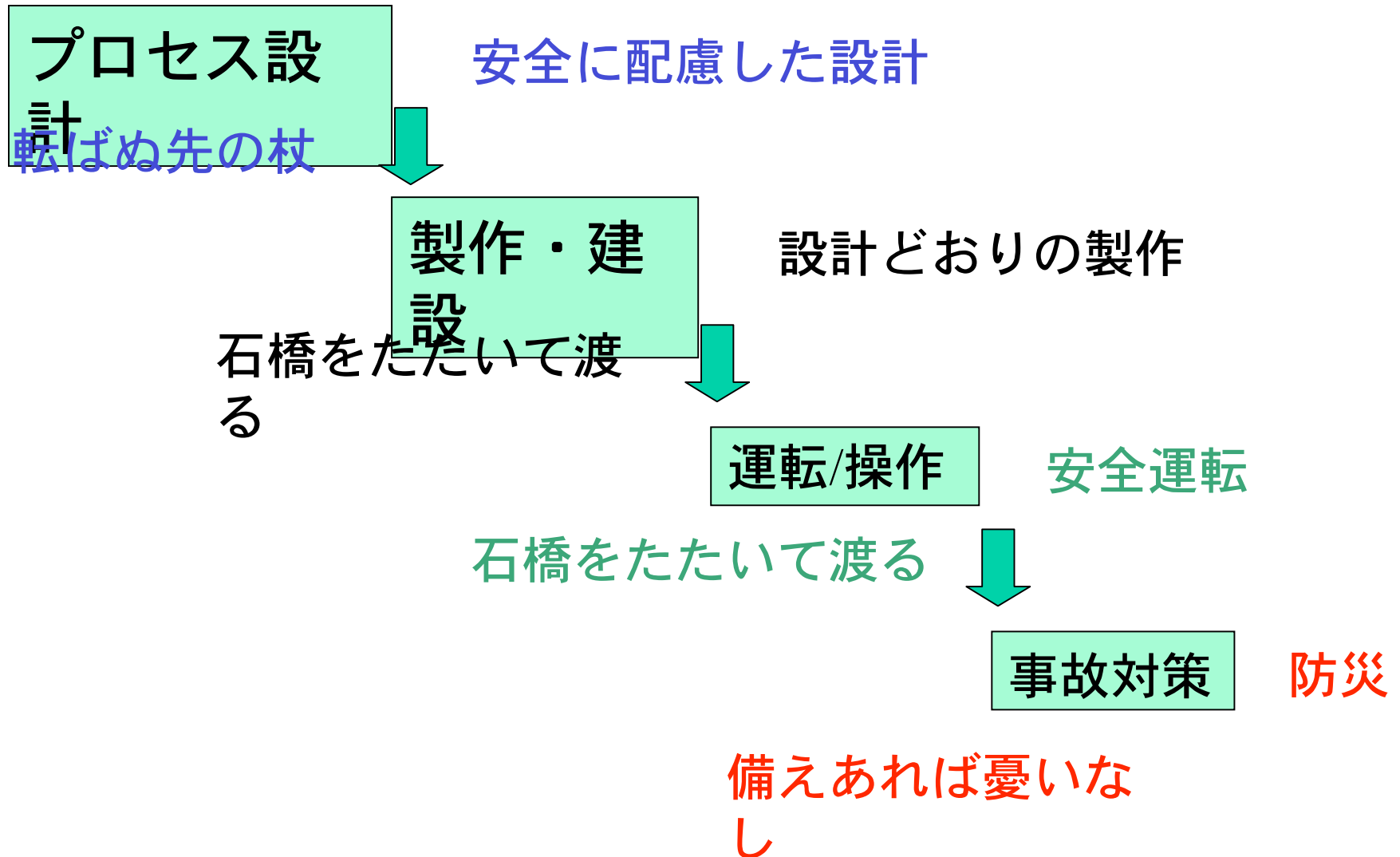
第1回 INTRODUCTION

鈴木正昭

ことわざに見る科学技術の安全確保

- 犬も歩けば棒にあたる。
- 寝ていて転んだためしなし
- 石橋をたたいて渡る。
- 転ばぬ先の杖。
- 備えあれば憂いなし。
- 天災は忘れたころにやってくる。

科学技術の安全確保



安全確保に必要なもの

- 科学的/技術的知識
 - 化学工学、システム工学、信頼性工学・・・
- 先を読む洞察力・気を使うこと
 - 事故シナリオ、安全運転
- 経験
 - あやまちには2度起こさない。失敗の蓄積
- 倫理観
 - 悪いことはしない

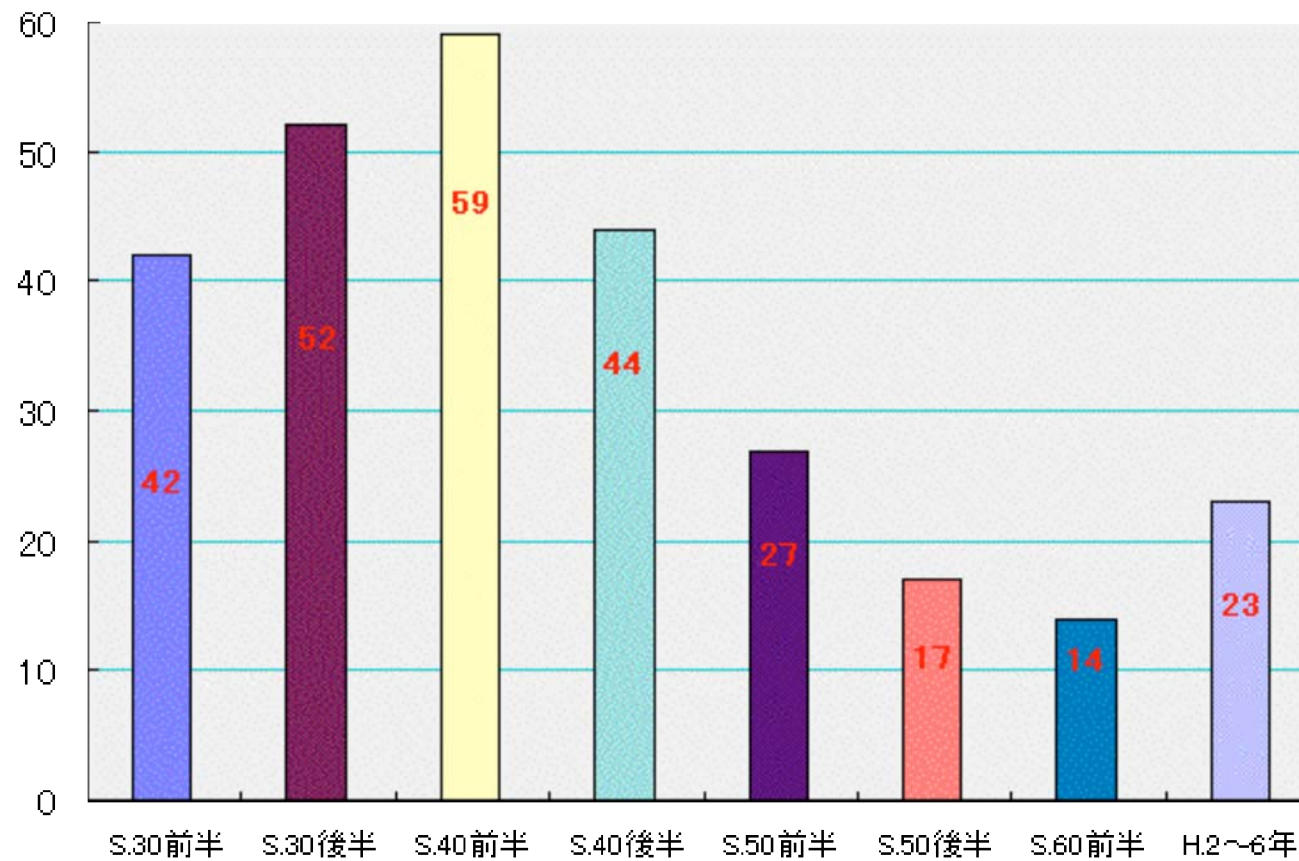
社会的情勢

- 生産規範：単なる生産から安全・環境保全
 - 生産の大規模化
 - 災害規模の拡大、広範な影響
- 自己責任
 - 安全管理思想の設定
 - 評価・実施方法の見直し
- 社会に対する責任・信頼の構築
 - 市場評価

日本の化学工業、石油精製業における爆発・火災による

重大災害状況（労働省、1997）

重大災害：一度に9人以上の労働者が被災した災害



プロセス安全工学

- 全体の概要
- 安全の考え方
- 化学反応と潜在的危険性
- 化学プロセスの安全設計
- 化学プラントの安全性評価
- 原子力プラントの安全性評価
- 安全性と技術者の倫理

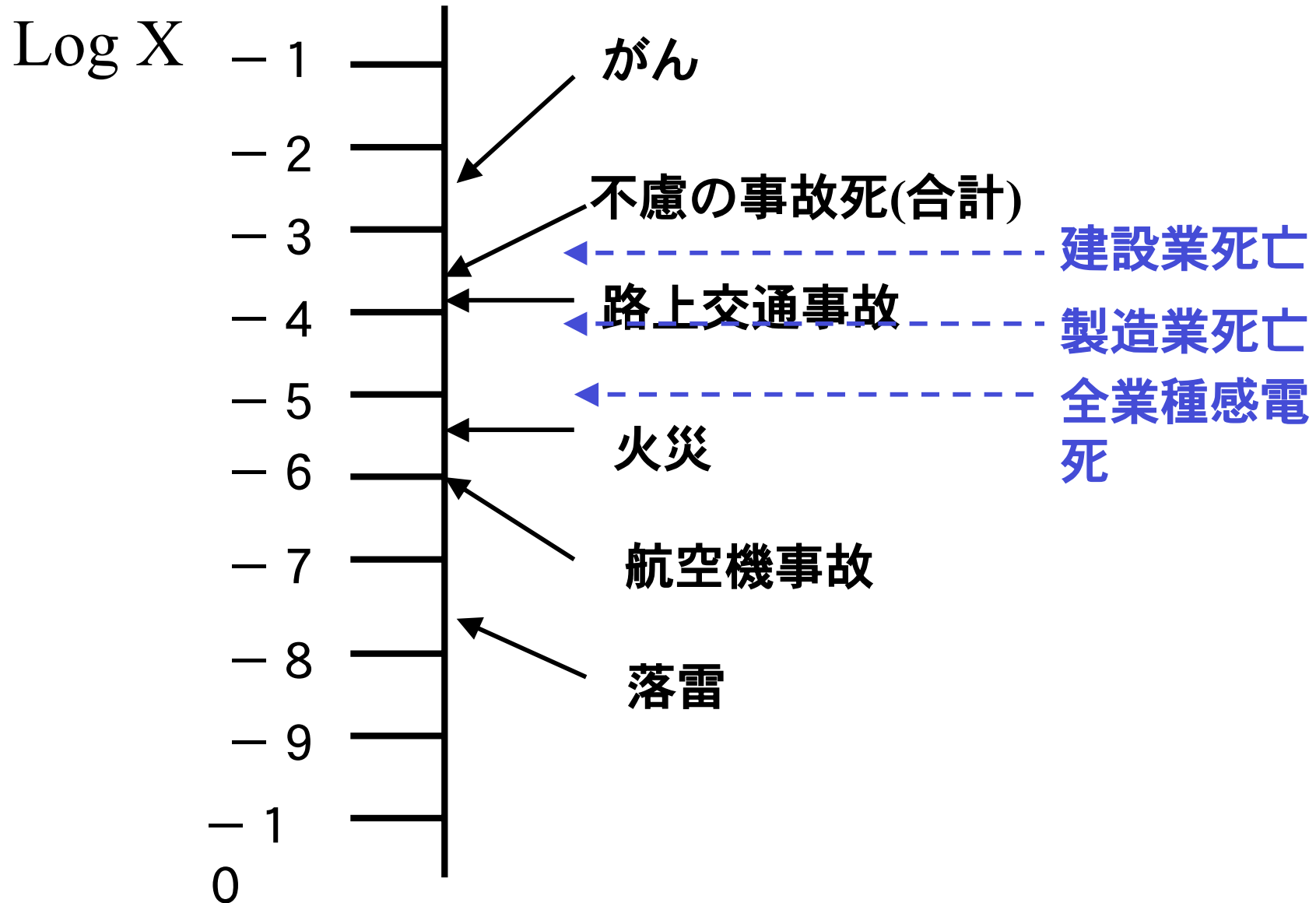
通常時の安全と事故時の安全

- 通常時の安全
 - 保守・点検
 - 運転員・作業員の教育
 - 異常運転の監視、モニター
- 異常時の安全
 - 異常の拡大の防止
 - 安全機能の有効活用
 - 防災対策

リスクとハザード

- リスク = (被害の大きさ) × (発生頻度)
 - リスク評価 (リスクアセスメント)
- ハザード
 - 被害をもたらす潜在性を持つ状況

身近なリスクの値(年間死亡確率)



白 安全

危険 黒

白黒ではなくグレイを認識
する

白

黒

小

リスク

大

リスクと便益

- ・ 絶対安全は達成できるか？
- ・ 文明の享受とリスク
- ・ 公衆が容認できるリスクレベルを求める 公衆の考え方に依存する。

絶対安全・・・飛ばない飛行機

寝ていて転んだためしなし

Tiger or Beauty

The first young men refused the challenge. He lived safe and died chaste.

The second young men hired risk assessment consultants. They collected all of available data on beauty and tiger and completed checklists. This took time and money. The young man, now no longer quite so young.

.....

The third young man took a course in tiger handling.

The tiger,
the hazards of technology

The beauty,
benefits technology brings to
humanity

絶対安全と安全目標

- リスクと便益
 - 絶対安全は達成できるか？
 - 文明の享受とリスク
- 公衆が容認できるリスクレベルを求める。
 - 公衆の考え方に依存する。

産業安全の考え方

- 目的とする機能が実現されること
 - 機能が安全に達成されること
 - 機能が高い信頼性で達成されること
 - 機能が経済的に達成されること
-
- － 当該施設の運転により運転員ならびに公衆の健康を損ねる事態が発生しないこと
 - － 通常時の安全と事故時の安全

通常時の安全

- 化学プラント
 - 化学物質の漏洩
 - 規制値以下に抑制
- 原子力発電プラント
 - 放射性物質の漏洩
 - 規制値以下に抑制

事故

- 化学プラント
 - 爆発・火災事故
 - 化学物質の漏洩
- 原子力プラント
 - 過酷事故
 - 放射性物質の漏洩

欧米の化学プラントの事故例

No	Place	Year	Substance Involved	Event	Killed	Injured
1	Flixborough, (UK)	1974	Cyclohexane	VCEX281042		

ボパール事故（１９８４）

- Union Carbide社：インド・ボパール
 - ２５００人死亡、被災者２０万人
 - メチルイソシアン酸エステル流出事故
- 殺虫剤合成の中間物であるメチルイソシアン酸エステルの貯蔵に失敗。
- 中間体は通常高反応性
 - インベントリーの減少化
 - 作ったら貯蔵せずすぐ使う。 (教訓)

フリックスボロ事故（１９７４）

- 英、ナイプロ社、フリックスボロ
 - カプロラクタムプラント、シクロヘキサン流出
 - 死者２８名、負傷者３６名
 - 反応器触媒管の冷却油５０ｔの漏洩・引火事故
 - 蒸気雲爆発の潜在的危険性の回避
 - 冷媒として水を採用

セベソ事故（１９７６）

- イタリア、イクメサ社
 - トリクロルフェノール反応工程の異常反応
 - ダイオキシン流出汚染
 - １８０７haの汚染、２２万人の被災者
- 2.4.5.トリクロルフェノールの反応暴走
 - 予期せぬ温度上昇による暴走
 - 潜在危険性の排除(インベントリの削減)
 - セベソ指令（１９８２）

パサデナ事故（１９８９）

- 米、ヒューストン・パサデナ
 - － フィリップス、ポリエチレン製造工場
 - － 爆発事故
 - － 死者２３名、負傷者３１４名

原子力事故

- 国外
 - チェルノブイリ事故
 - TMI事故
 -
- 国内
 - 美浜原発事故
 - もんじゅナトリウム漏れ事故
 - JCI事故
 -

原子炉事故被害状況

スリーマイルアイランド原発事故

死者：なし

発電所から 80 km 以内の住民 20 人・シーベルト
1 人あたり平均 0.01 ミリシーベルト(約 200 万人)

チェルノブイリ原発事故

死者：31 名、急性放射線障害：203 名

発電所から 30 km 以内の住民 13 万 5 千人の外部被曝
線量：

1 万 6000 人・シーベルト、1 人平均 0.01 ミリ
、ベリ

チェルノブイリ原子力発電所事故の経過

(1986.4.25
～26未明)

低出力運転で特殊試験※を実施

原子炉不安定状態

(原子炉冷却用ポンプの回転数)
(低下に伴う冷却水量減少)

ボイド (気泡) の増加

(原子炉固有の特性及び)
(緊急時停止系欠陥)

出力上昇

出力暴走

(急激な水蒸気発生)
(急激な水素発生)

圧力管多数破裂
引き続き
水素爆発

(午前1:23)

(半日から1日後)

炉心黒鉛の火災

タービン建屋
の火災

(鎮火)

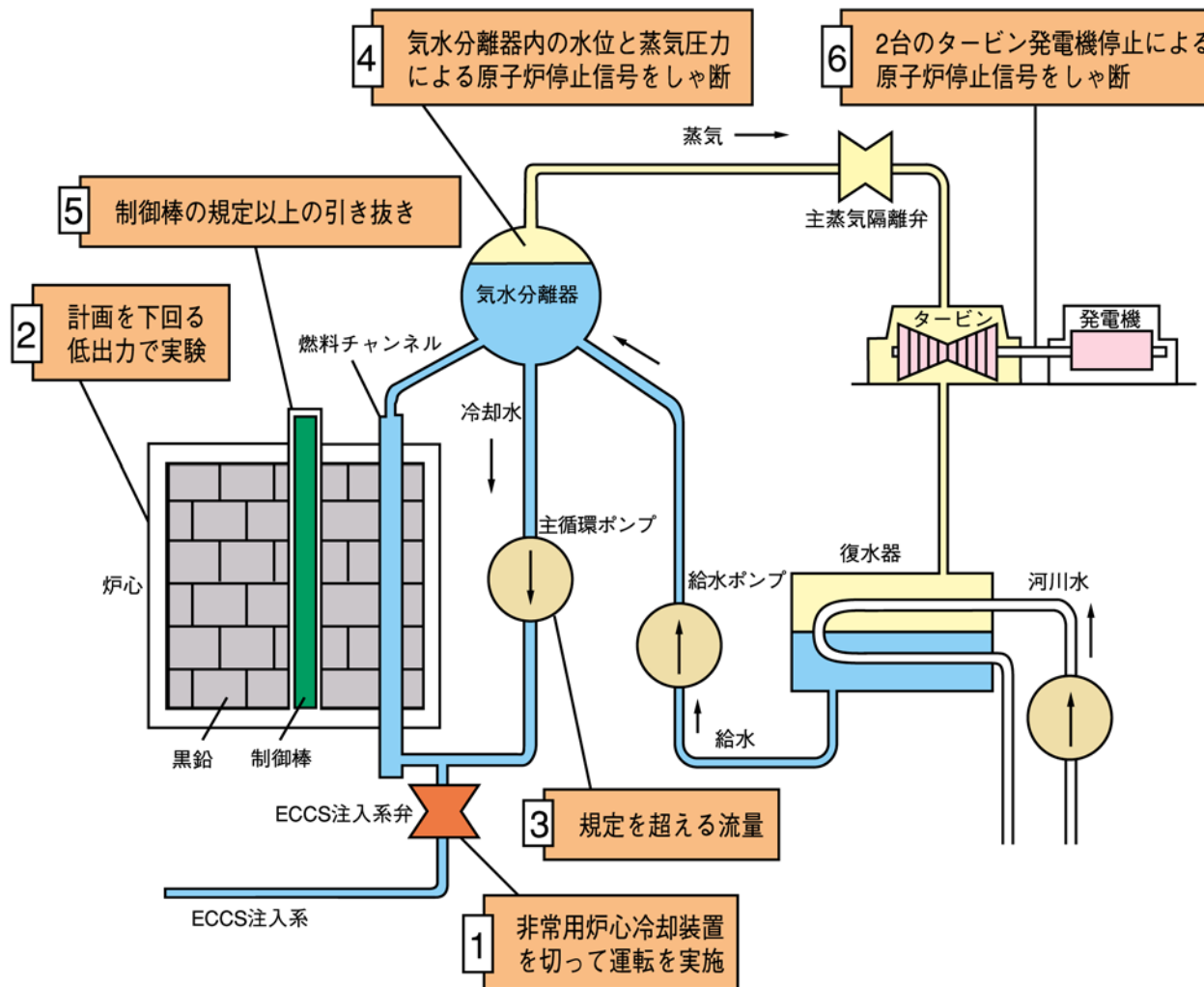
(2週間連続)

原子炉内放射性物質放出

※外部からの電力の供給を停止した時に、タービン発電機の慣性回転エネルギーを電気出力として
どこまで利用できるか確認するための特殊な試験

出典：科学技術庁パンフ

チェルノブイリ事故の運転員の規則違反



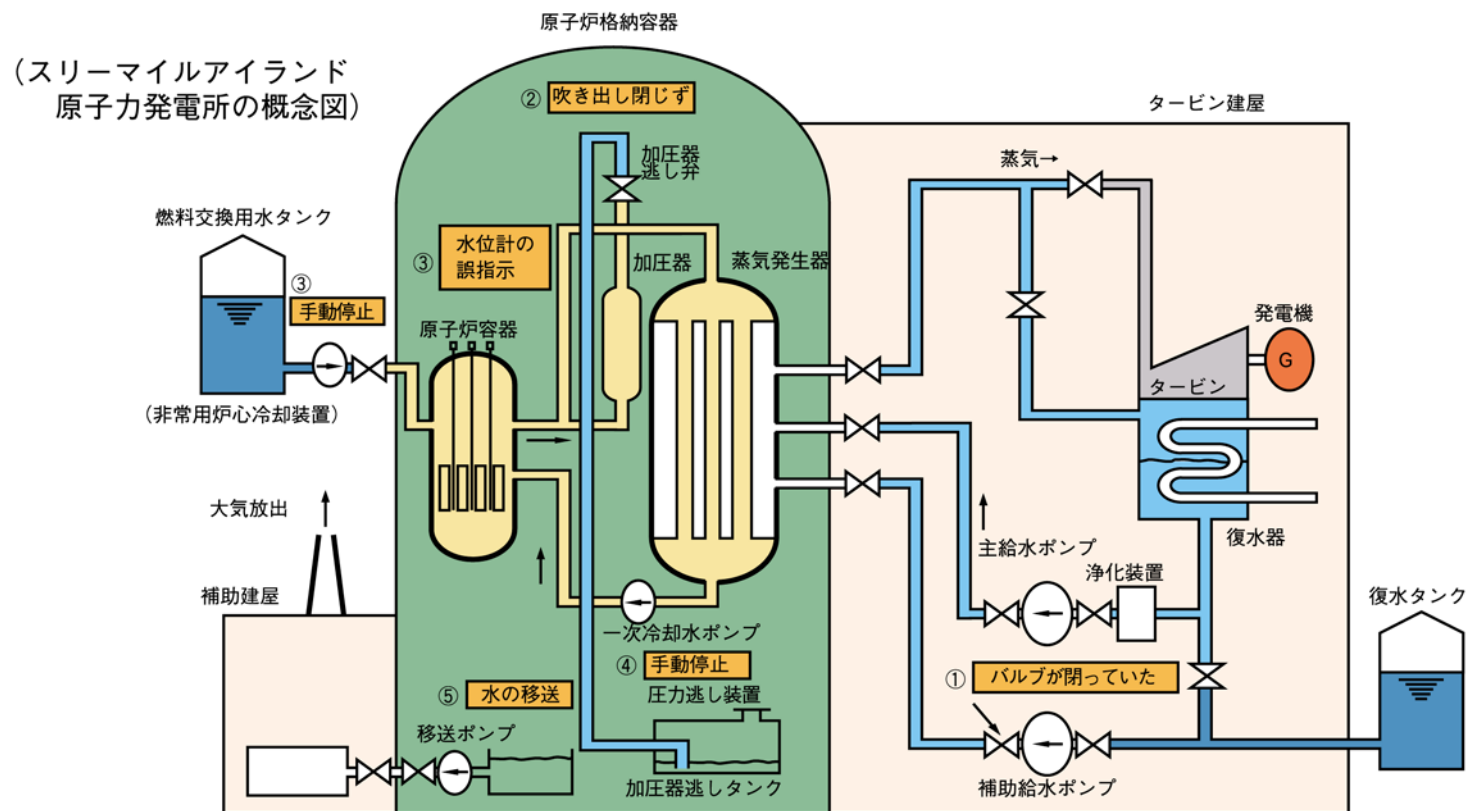
スリーマイルアイランド原子力発電所事故の概要

○事故の主な経緯

1979年3月28日、アメリカのペンシルバニア州スリーマイルアイランド（TMI）原子力発電所2号機で主給水ポンプが停止。補助給水ポンプが自動起動したものの、ポンプ出口弁全閉で二次冷却水循環水が循環せず、また、自動起動したECCSを運転員が誤判断し、手動で停止したなど機器の故障や誤操作の結果、炉内構造物が一部溶解した。

○事故の影響

周辺の公衆が受けた放射能の量は最大で1ミリシーベルト、平均0.01ミリシーベルトと健康上影響のない極めて低いレベルであった。



出典：三島良績監修「わかりやすい原子力」他

(株)ジェー・シー・オー 東海事業所の事故

○事故の発生

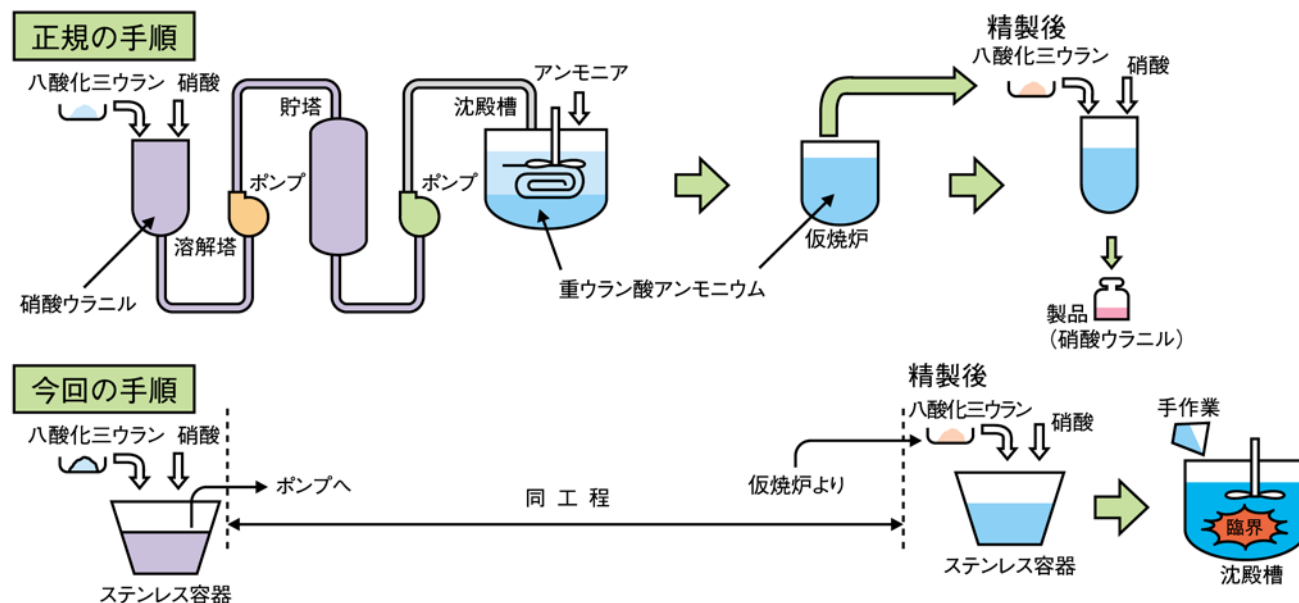
茨城県東海村にあるJCOウラン加工工場の転換試験棟において、作業員3名が、高速実験炉「常陽」の燃料用として、ウラン粉末から濃縮度18.8%の硝酸ウラニル溶液の製造を行っていたところ、平成11年9月30日、臨界事故が発生した。

○事故の原因

今回の事故の直接的原因は硝酸ウラニル溶液を均一化する作業中に、そもそも使用目的が異なり、また臨界安全形状に設計されていない沈殿槽に、事業者が安全確保のための手順を逸脱して、臨界量以上のウランを含む硝酸ウラニル溶液を注入したことである。またその背景として、セーフティカルチャーの欠如があげられる。

○住民などの健康影響について

JCO事故における健康影響について、推定された住民の方の被ばく線量は、種々の放射線影響が現れるには十分低く、住民の方に放射線による健康影響が現れるとは考えられないものである。



出典：平成11年度版「原子力安全白書」他