

安全マネジメント 第3回

ストレステスト

Stress test

長岡技術科学大学

大学院技術経営研究科

システム安全専攻

実務家教授 山形 浩史

yamagata@vos.nagaokaut.ac.jp

1

外部ハザード

- 外部ハザード
 - 自然現象(台風、地震など)
 - 人為事象(近隣工場で爆発など)
 - テロ、犯罪、武力攻撃

cf. 内部事象

- 機器故障
- ヒューマンエラー
(第2回講義)

台風21号で関西空港が浸水



コンビナートでの火災



地震で苫東厚真火力発電所タービンが出火



2

外部ハザード(自然現象)の例

- | | | |
|---------------|----------|--------------------|
| 1 地震 | 19 降水 | 37 火山の影響 |
| 2 陥没、地盤沈下、地割れ | 20 洪水 | 38 熱湯 |
| 3 地盤隆起 | 21 土石流 | 39 積雪 |
| 4 地滑り | 22 降雹 | 40 雪崩 |
| 5 地下水による地滑り | 23 落雷 | 41 生物学的事象 |
| 6 泥湧出 | 24 森林火災 | 42 動物 |
| 7 山崩れ、崖崩れ | 25 草原火災 | 43 塩害 |
| 8 津波 | 26 毒性ガス | 44 隕石 |
| 9 静振 | 27 高温 | 45 土壌の収縮・膨張(液状化現象) |
| 10 高潮 | 28 低温、凍結 | 46 海岸浸食 |
| 11 波浪・高波 | 29 氷結 | 47 地下水による浸食 |
| 12 海水面高(満潮) | 30 氷晶 | 48 カルスト |
| 13 海水面低 | 31 氷壁 | 49 湖若しくは川の水位降下 |
| 14 ハリケーン | 32 高水温 | 50 湖若しくは川の水位上昇 |
| 15 風(台風) | 33 低水温 | 51 水中の有機物 |
| 16 竜巻 | 34 干ばつ | 52 太陽フレア、磁気嵐 |
| 17 砂嵐 | 35 霜 | 53 河川の迂回、閉塞 |
| 18 極限的な気圧 | 36 霧、もや | 54 新型インフルエンザ |

3

外部ハザード(人為事象(偶発))の例

- | | |
|-----------------------------------|------------------------|
| 1 人工衛星の落下 | 12 ダムの崩壊 |
| 2 飛来物(航空機落下) | 13 爆発(プラント外での爆発) |
| 3 工業施設又は軍事施設事故(爆発、化学物質放出) | 14 火災(近隣工場等の火災) |
| 4 パイプライン事故(爆発、化学物質放出) | 15 水中への化学物質放出 |
| 5 自動車又は船舶の爆発 | 16 サイト内貯蔵の化学物質の放出 |
| 6 掘削工事(鉱山事故)、土木建築現場の事故(爆発、化学物質放出) | 17 プラント外での化学物質の放出 |
| 7 船舶の衝突 | 18 電磁的障害 |
| 8 船舶事故(固体液体流出) | 19 内部火災 |
| 9 交通事故(化学物質流出含む) | 20 内部溢水(他のユニットからの内部溢水) |
| 10 タービンミサイル(他のユニットからのミサイル) | |
| 11 有毒ガス | |

4

設計するための基準を定める

建築物の耐風等級1

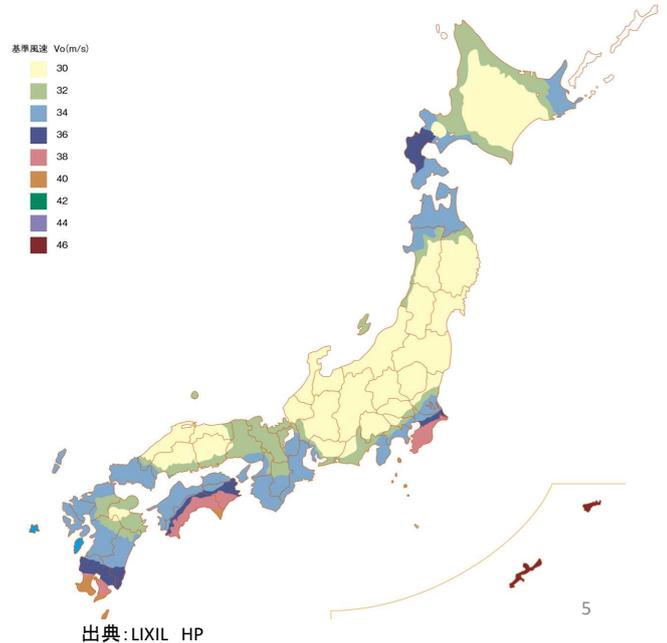
- 稀に発生する暴風に対して、構造躯体が損傷しないこと
- 極めて稀に発生する暴風による力(稀に発生する暴風による力の1.6倍と定義)に、構造躯体が倒壊、崩壊等しないこと

稀に発生する暴風: 50年に一度の台風の最大風速
=基準風速

極めて稀に発生する暴風: 500年に一度の台風の最大風速

最大風速とは、10分間の平均風速の最大

建築基準法の基準風速



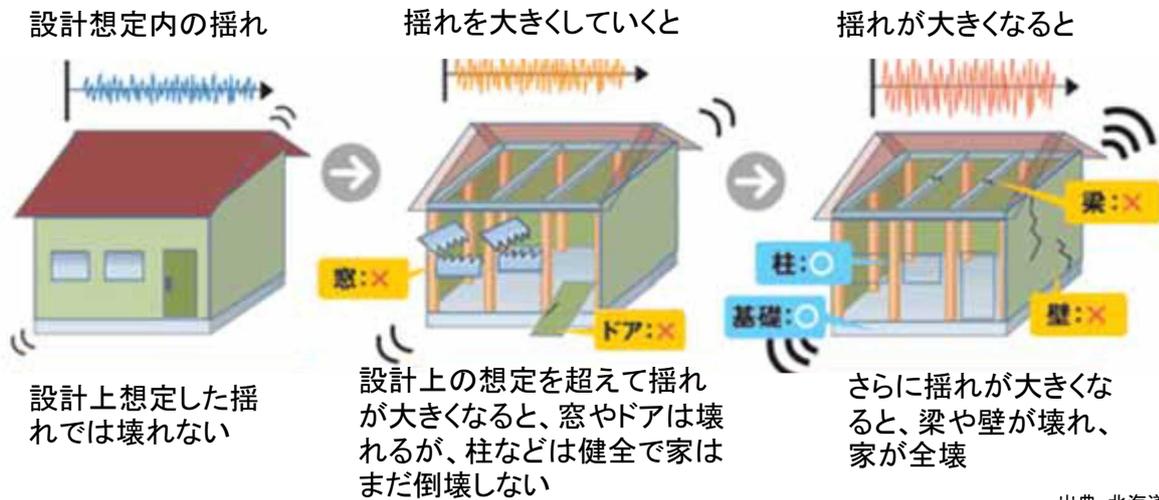
外部ハザード(人為事象(意図的))の例

1. 犯罪
2. テロリズム
 - ✓ 爆弾
 - ✓ 襲撃、施設への攻撃
 - ✓ 人質、暗殺
 - ✓ 化学物質、毒物、生物
 - ✓ ハイジャック
 - ✓ サイバーテロ
3. 戦争行為
 - ✓ 侵攻
 - ✓ ミサイル
 - ✓ 核兵器、電磁波攻撃
 - ✓ 生物兵器、化学兵器

設計基準脅威を定める
仮想敵、規模、戦術など

ストレステスト

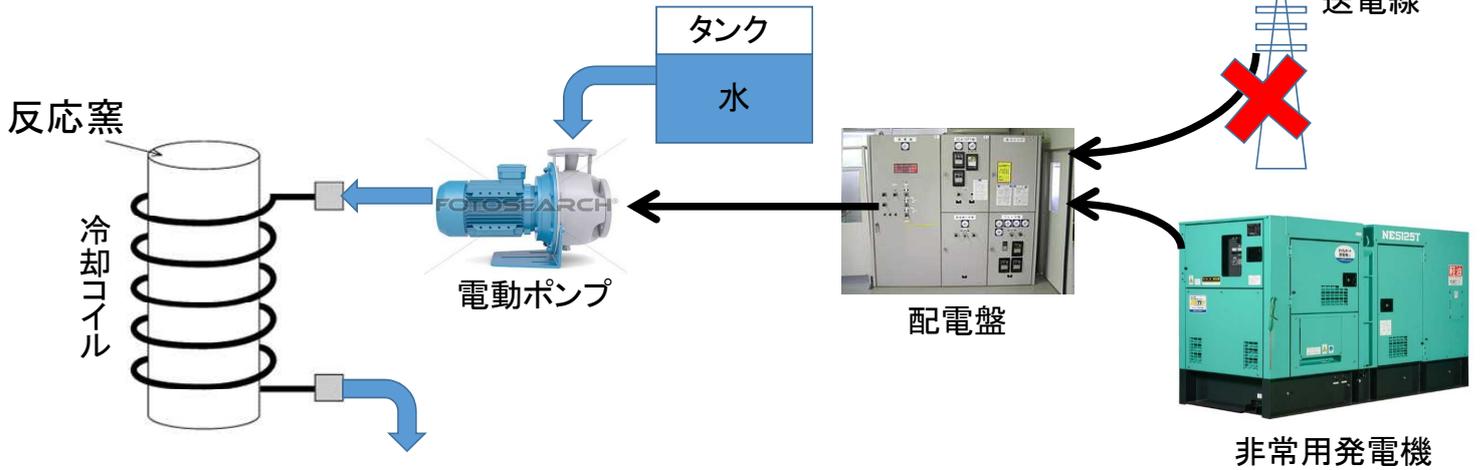
外部ハザードの強度を徐々に上げていき、システムが大打撃・崩壊するレベル(クリフエッジ:崖から落ちるように状況が大きく変わる)を調べる



ストレステストの適用例

- 銀行
市場暴落や大規模災害のようなストレス事象を念頭に、リスクシナリオに基づき、損失規模を評価(予想)するリスク管理手法
✓ 景気悪化 ➡ 損失発生 ➡ 資本不足 ➡ 破綻 ← 資本増強
- 情報システム
負荷(アクセス数など)を増やし、システムが不安定になり、ダウンする負荷を把握する。
- 原子力発電所
津波の高さを徐々に高くし、機器が水没し損傷していき、炉心が損傷する津波高さを特定する。

ストレステスト：反応窯の冷却系

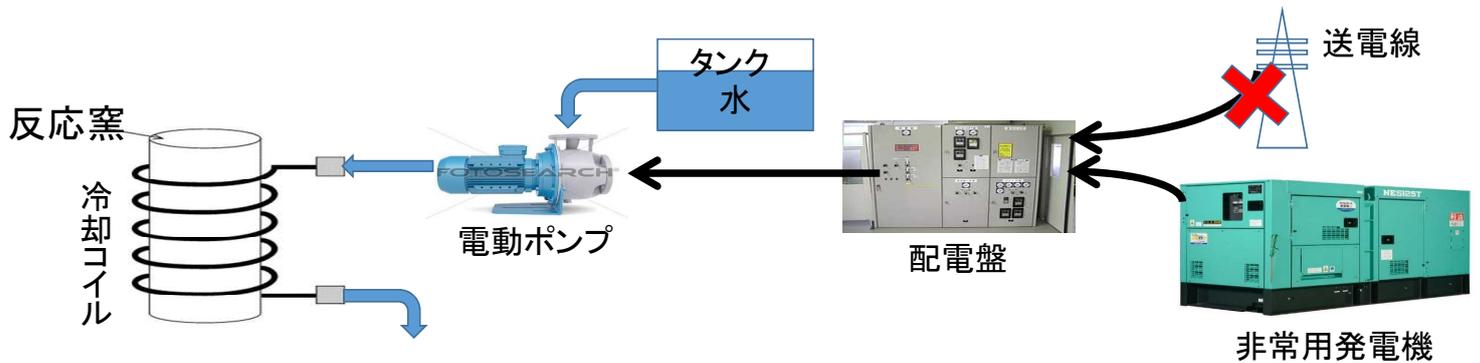


臨界工業地帯のとある工場

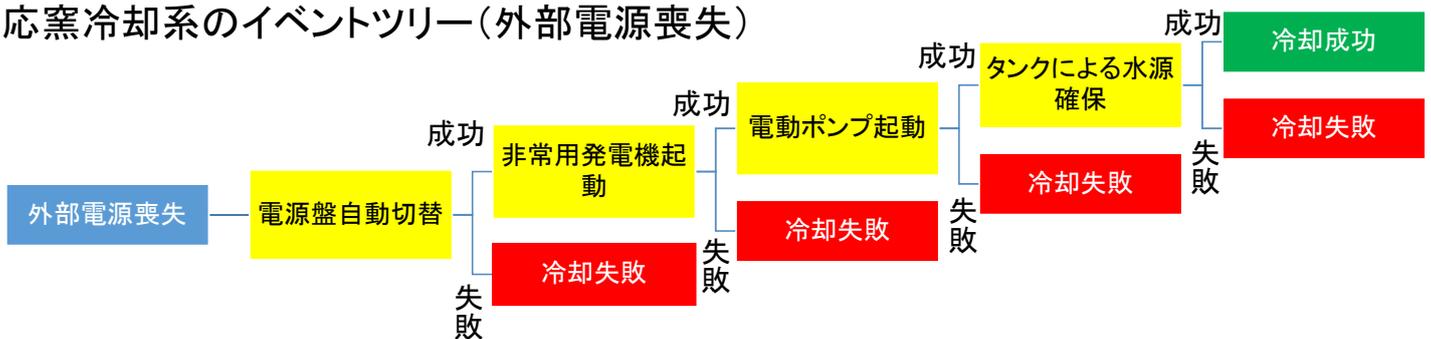
反応窯では、化学反応により常に発熱し、高温の溶融物が存在

常時、冷却コイルに通水し除熱しなければ、反応窯は破損し、高温の溶融物が飛散する。ただし、30分程度の余裕時間がある。

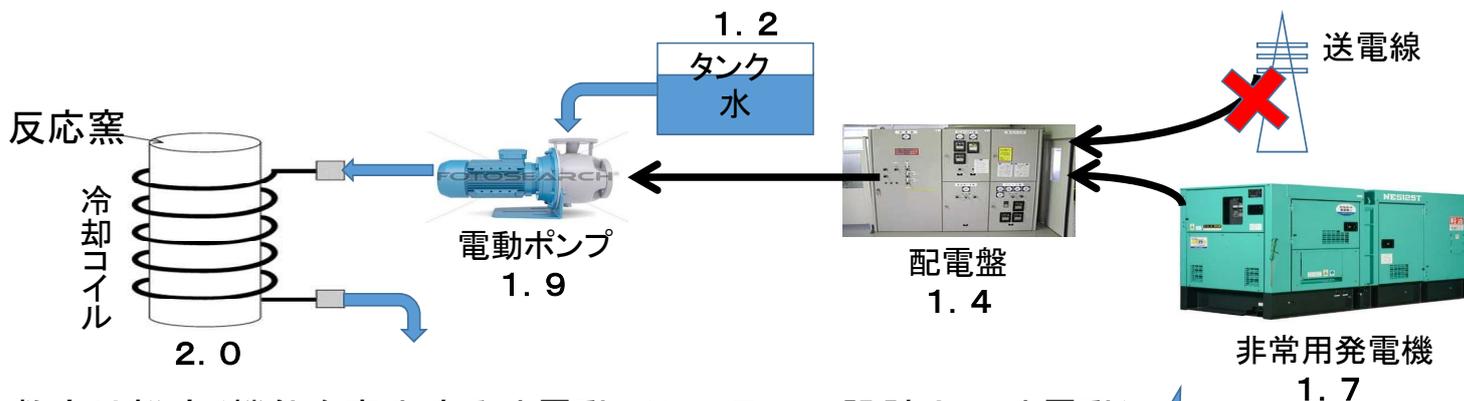
Discussion: 地震で送電線が倒壊した場合のイベントツリーを作成



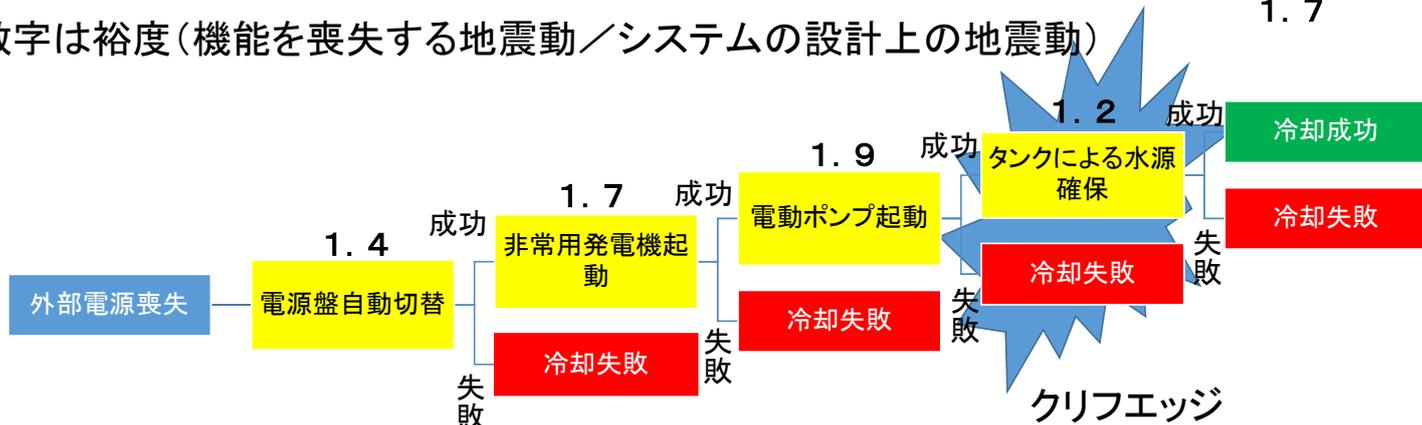
反応窯冷却系のイベントツリー(外部電源喪失)



Discussion: 地震による設備の機能喪失を考えましょう



数字は裕度（機能を喪失する地震動／システムの設計上の地震動）



Discussion: 地震に対して耐性を高めるには？

11

反応釜の冷却系：地震に対して耐性を高める対策

- 案1-1: タンクの耐震補強工事(裕度:1.5へ)
- 案1-2: タンクの建替(裕度:1.6へ)
- 案1-3: 海から取水する(裕度:∞)

クリフエッジが移動する(電源盤の裕度:1.4へ)

案2: 電源盤の耐震補強工事

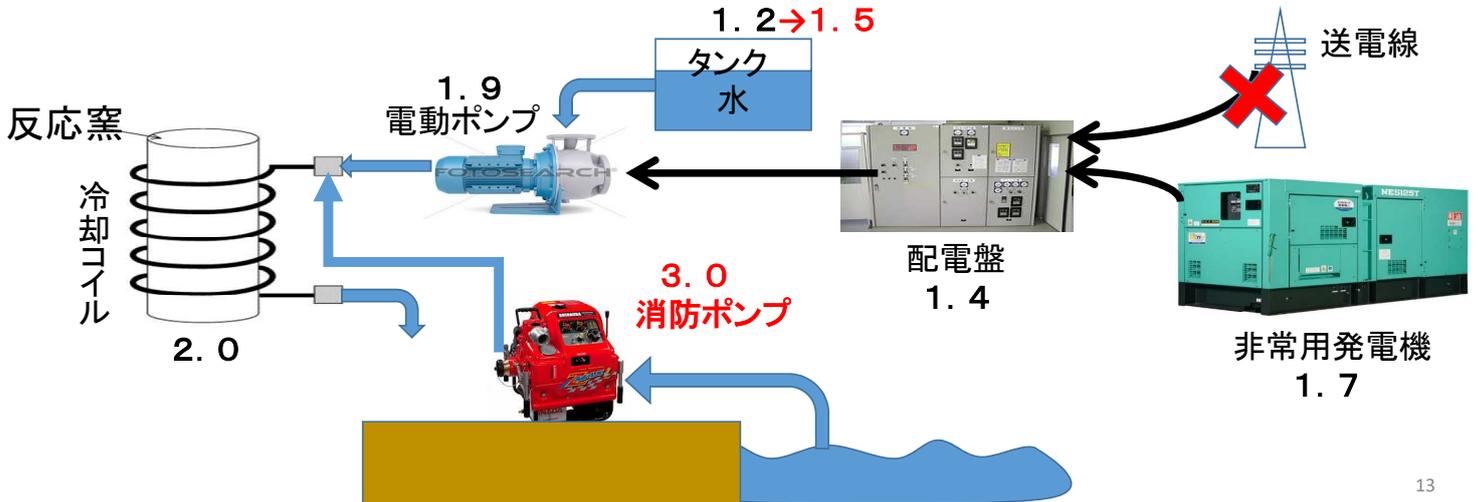
サポート系の各設備を徐々に耐震性を高めている

12

Discussion: サポート系 vs. フロント系

案1: サポート系の各設備を徐々に耐震性を高める(タンクの耐震補強)

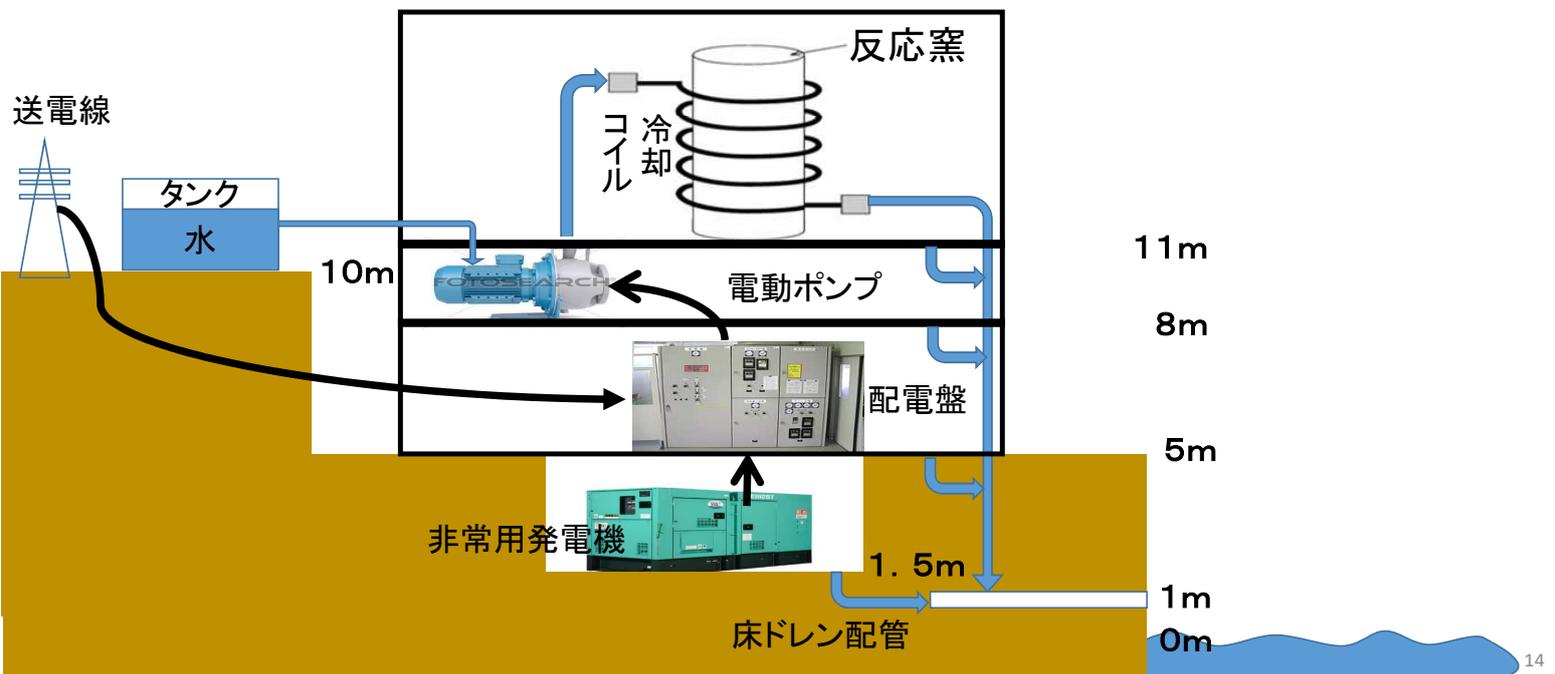
案2: フロント系の設備に対して多様性のある設備を追加する(消防ポンプ配備)



13

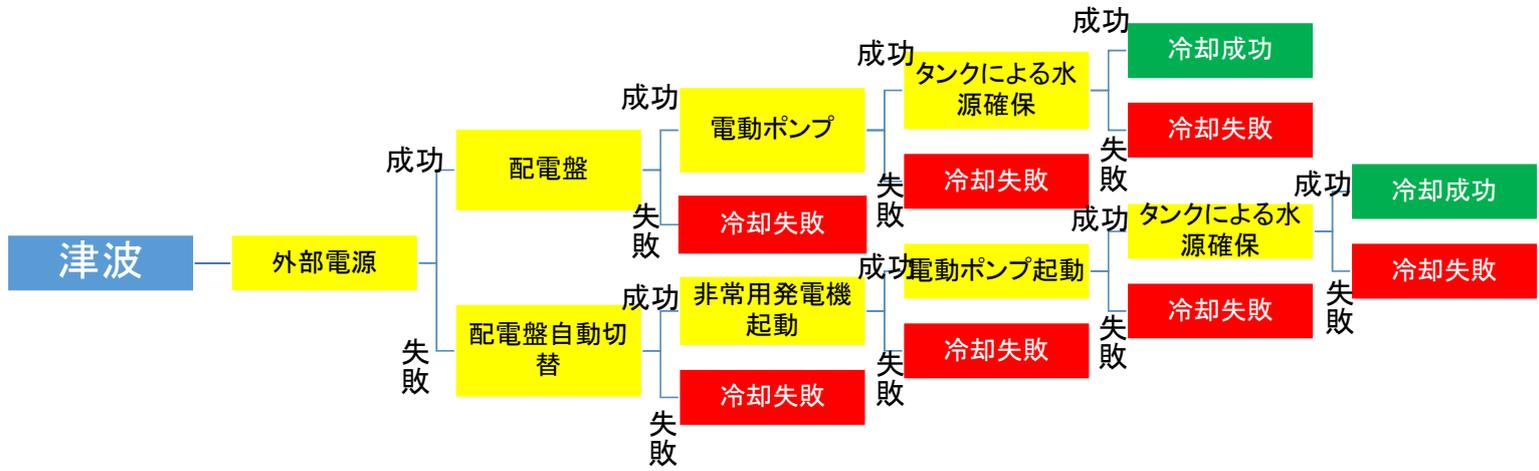
演習 津波に対するストレステスト

イベントツリーを作成し、クリフエッジの特定、耐性を高める対策は？



14

反応炉冷却系のストレステスト(津波)



反応炉冷却系のストレステスト(津波)

