宇宙分野で培った安全評価手法の原子力への適用に関する研究
(1) STPA*の適用

* STPA: System theoretic Process Analysis

有人宇宙システム株式会社　柿本 和希

事業の目的と概要

背景：
宇宙機システム、原子力発電所のシステムの特徴
- **様々な組織・システムが関与する複雑・高度化したシステム**
- **システム内で多くの情報がさくそうし正しい状況判断が難しい**
- **事故が発生した場合の全体像を把握できず、リスクが増加する恐れがある**

目的：
航空宇宙分野などで、システムや人・組織の協調不全によるリスクを識別するために使用している、最先端の安全評価手法を適用
- **STPAを適用し、複雑な人間・システム間の相互作用による事故シナリオを特定する**

研究の概要：
① **原子力発電システム構成及び事故対応シーケンスに対して、STPAを実施し、複雑な人間・システム間の相互作用による事故シナリオを特定する**
② **STPAで分析した事故シナリオから、人間の行動の背景要因を分析し、ヒューマンエラー確率を計算する方法を考案し試算を実施する**

年度計画：
- **1年目（令和6年度）：STPA,FRAMによるプラントや組織の適切なモデル化と設計やプロセスの改善につながる方法を研究**
- **2年目（令和7年度）：STPAによる定量的リスク評価の精度を向上させる方法を研究**



図の出典： Microsoft Copilot を用いて作成

事業期間において構築される将来の規制上の研究課題に対処する技術基盤

構築した基盤技術と課題：
① 新たな事故シナリオの識別
[構築] STPAを用いて複雑な人間・システム間の相互作用による事故シナリオを特定
[課題] 広範な分析対象へ適用し、分析プロセスを改善

② 人間に起因する事故シナリオにおけるヒューマンエラー確率の計算
[構築] STPAを用いて、人間信頼性解析で必要な行動の背景要因を分析し、ヒューマンエラー確率を計算
[課題] 試行継続による分析プロセスの妥当性確認

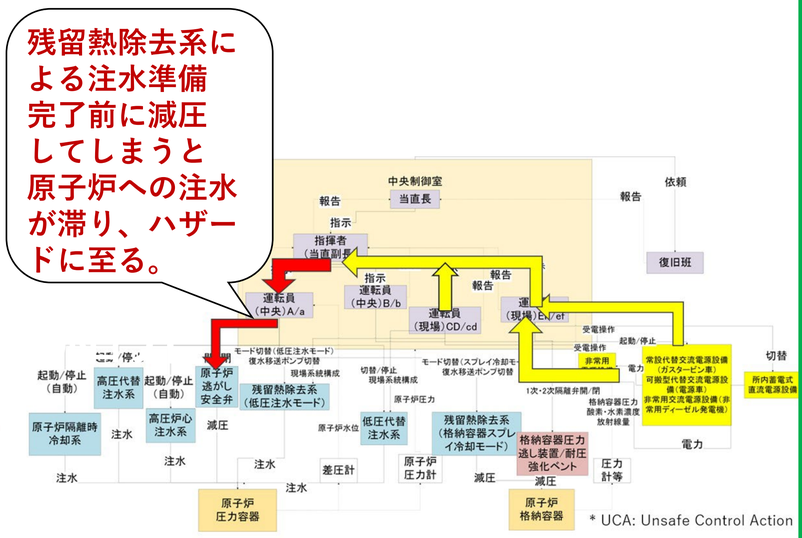


図の出典： Microsoft Copilot を用いて作成

事業の成果

分析手法：
- STPA（System theoretic Process Analysis）： システム理論に基づく安全解析手法
  システムを構成するサブシステムやコンポーネントにおける不具合の有無に関わらず、サブシステムやコンポーネントの組み合わせによって発生する不具合に対する安全解析手法

研究の成果：
- **STPAにより、原子力発電所の多くの設備や組織の連携を含めた事故シナリオの分析と具体的な対策が検討ができた**
- **識別された事故シナリオを他の安全・信頼性に関する活動（人間信頼性解析、実践的な訓練）への入力として活用するプロセスの提案ができた**



STPA、およびSTPAの人間信頼性解析への適用は高度化・複雑化した原子力システムに対して有効であると考える

今後の展開について

- **規制側： 事業者のリスク評価内容を確認する際に利用できる知見の蓄積と人材育成**
  （既存原子炉だけでなく次世代革新炉やその先の将来炉（月面宇宙炉）において更なる安全を確認する際に利用できるよう整理）
- **事業者： 更なる安全のために、従来のリスク評価に加えて本研究のプロセスを導入する手順の検討**
  （デブリ回収・廃炉などにおけるリスク評価も含む）
- **メーカー：研究中の次世代革新炉やAIなどによる自律化設計における想定外のリスク抽出に本研究のプロセスを導入する手順の検討**

※本研究は、原子力規制庁の令和6～8年度原子力規制研究技術基盤構築事業費補助金（原子力規制研究の強化に向けた技術基盤構築事業）の補助を受けたものである。