

## 材料部会セッション

## 事故炉廃止措置時における機器材料のリスク管理技術の検討

Study on Risk Management Technology for Equipment Materials during Decommissioning of  
Accident-damaged Nuclear Power Plants

## (4) 事故炉廃止措置のハザードとリスクをテーマにした学生教育

## (4) A trial of risk management education for decommissioning accident-damaged plant

\*森下和功

京都大学

## 1. はじめに

事故炉の廃止措置においては、現状把握が困難で、状況変化の予想が難しく、また時に、想定外事象の発生も懸念される——そのような局面においてでもなお、的確かつ柔軟に対応する必要がある。また、その最中に下される種々の判断は、時に、様々な不確実性のもとに決定しなければならず、その意味で、廃止措置活動は、いわゆるリスクの最適化問題を解くに等しい。全体を俯瞰し、不確実性を評価し、それを適切に管理する能力が求められている。具体的には、現状把握のための状態監視技術や状況変化を予測する技術、そして全体を俯瞰しリスク管理する能力が必要である。こうした活動に従事する人材をいかに育成するか、これが今の原子力教育の大きな課題のひとつである。また、従事者育成ではないにしろ、今後数十年は続くであろうこの廃止措置活動を安定的に継続させるには、社会からの信頼が不可欠であり、それゆえ、局所にとらわれることなく全体を俯瞰するものの見方やリスクテイクによって実利を得るなどの考え方を社会全体で醸成していく努力も必要である。これもまた、原子力のような巨大科学技術を受け入れる社会に課せられている課題である。

## 2. 事故炉廃止措置リスク学の創成

事故炉の廃止措置活動を材料学の立場から見ると、デブリに関係する部分と周辺構造物（圧力容器や格納容器など）に関係する部分に分けられる。前者に関しては、デブリ性状、特に取り出しに関する材料特性の評価が重要であり、後者に関しては、閉じ込め機能の現状を少なくとも維持し続けるだけの構造健全性の確保が重要である。デブリ取り出しに関する事実上の猶予時間は、周辺構造物の健全性が現状の程度には保たれる時間、もしくは、保守し続けられる時間ということになる。この猶予時間は、主に周辺構造物の今後の経年劣化により決まり、腐食等、現環境下における主たる損傷モードに支配されることになる。

では、周辺構造物の経年劣化をいかに予測するか。そもそも論から言うと、置かれている環境条件が不明瞭な材料の挙動などわかるはずがない。もちろん、環境条件およびその変化を直接モニタリングしようという試みはこれから益々進んでいくであろうが、それでもなお、予測の考え方に関する抜本的な変革が必要になる。おそらくそのヒントになるのが、加圧熱衝撃（PTS）事象の評価に関する最近の動向であり、従来の決定論的評価を確率論的評価へと改めようとする今の流れである。従来は、材料特性評価に相当する破壊靱性評価と環境条件評価に相当する応力拡大係数評価を独立に行い、前者が後者より大きければよしとした決定論的な扱いであった。しかし最近では、材料特性評価と環境条件評価のそれぞれのあいまいさから、その重なり具合をもって構造健全性の程度を定量しようとする試みがなされつつあり、いわゆる確率論的評価と呼ばれる。それはまさに、ハザード曲線とフラジリティ曲線の掛け算から残留リスクを評価しようとしているに等しい。これを実施するには、材料研究とシステム研究の双方の融合が必要である。これまでのように別々に評価してお終いとはならない事故炉においては、材料屋とシステム屋の設計上の

\*Kazunori Morishita

Kyoto Univ.

区別が当然本来とは異なっており、その意味でのボーダーレスな研究者の養成、あるいはまた、養成に必要な学術基盤の創成が必要になる。もちろん、きちんとした学問上の枠組みが整理されてからでないといふ実際の廃止措置活動は何もできないというわけではないが、少なくとも若手育成のキーとなるのは間違いない。本研究会\*では、この新たな学術基盤を「事故炉廃止措置リスク学」と呼んでいる。

### 3. リスク管理に関する教育

事故炉廃止措置リスク学は、事故炉廃止措置に必要な工学（状態監視技術、デブリ性状予測、周辺構造物の経年劣化予測など）に、安全性や経済性の観点を明示的に組み込んだ実学である。廃止措置戦略の策定の基本になるもので、そこには「失敗しないこと」のほかに、「失敗しても、よりひどい状態にはならない、もしくは、元に戻せる」というミティゲーションやレジリエンスの観点も含まれる。今後、現実の廃止措置活動の進展に伴い新たな観点も付加されていくであろうが、重要なのはリスクをベースに物事を考えるという視点である。リスクというと、安全目標の事例のように、評価されたリスクの絶対値を許容するか否かの数字独り歩きの議論に陥りそうであるが、廃止措置シナリオの決定においては相対比較にこそ意味がある。複数の選択肢から、リスクの最小化もしくは少なくとも極小化を図ることで、ひとつのシナリオが必ず選択される。現実問題として、「わからないから何もしない」という判断はあり得ないからである（もちろん、意図的に何もしないという選択肢はあり得る）。

リスク評価、もしくはそれに基づく廃止措置シナリオの決定は、局所にとらわれず多様な視点で評価すべきであるから、問題の全体を俯瞰することが必要になる。また逆に、俯瞰により、廃止措置には多様な知識や知恵が必要になることがわかる。前述した PTS 事例のような異分野の融合やそこで期待される視点の多様化が不可欠である。図1は、廃止措置活動を系統的に理解するために試作した俯瞰マップである。

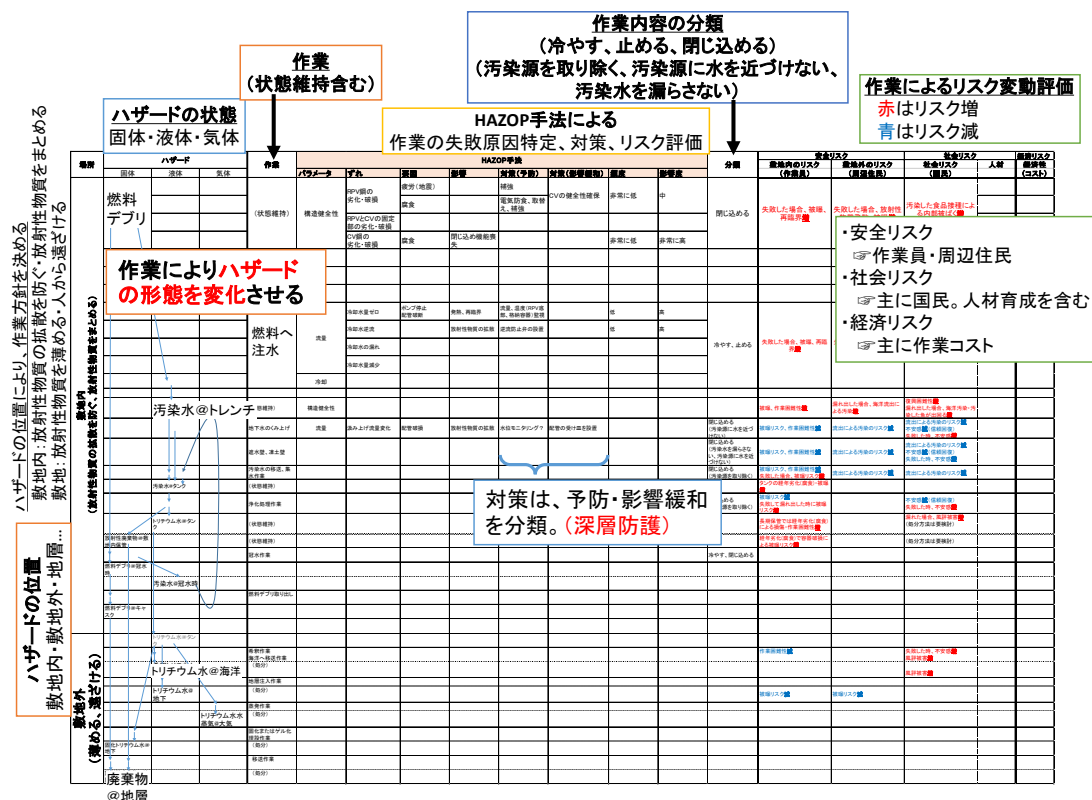


図1 廃止措置シナリオに関する俯瞰マップ

\*平成28年11月、日本原子力研究開発機構・廃炉国際共同研究センターに設置された「事故炉廃止措置のためのリスク管理技術研究会」（主査 青木孝行東北大特任教授）

ハザード（ここでは燃料デブリ）の位置や状態変化に応じてリスクは変化し、対応する具体的作業や深層防護も変化していく。リスクの種類やそれを背負う対象者も変化していくことがマップの中に明示されている。これは、公開されている廃止措置活動に関する情報をもとに大学院生が作成したマップであるが、こうした俯瞰図の作成により、「見える化」が行われ、現実的な理解が進む。リスクとして、敷地内の作業被曝リスクから、一般公衆の被曝リスク、経済リスク、社会リスクなどの欄が設けられている。ほとんどが空欄ではあるが、そうであっても枠を設けておくことが重要である。なぜなら、空欄は想像できていないリスクの存在を気づかせてくれるものだからである。抜けや欠けが可視化されていることが重要である。

#### 4. まとめ

事故炉廃止措置に関係して、若手育成に必要な「事故炉廃止措置リスク学」の創成に関して述べた。このような学術基盤の体系化は、一朝一夕に為しえるものではなく、様々な経験をもとに構築されていくべきものである。最後に、冒頭でも述べたように、廃止措置に直接かかわる人材の育成だけでなく、社会に対する理解活動も忘れてはならない。