

# 軽水炉過酷事故プラットフォームに関する取組状況

## ～軽水炉利用に関する知識基盤（SAアーカイブズ）の整備～

令和2年10月13日

理事 三浦幸俊

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

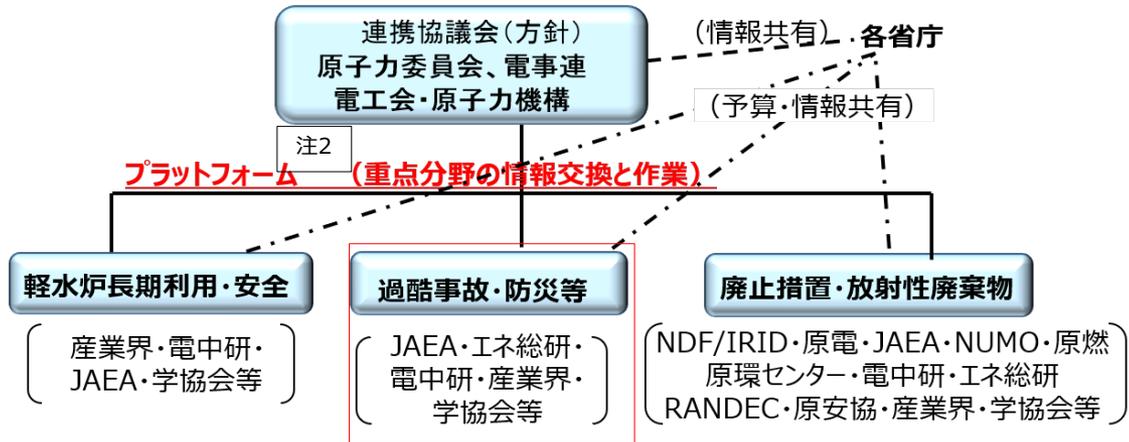
## 原子力委員会「原子力利用に関する基本的考え方」 (平成29年7月21日閣議決定)

- 根拠に基づく情報体系として、専門家向け情報、根拠等が求められる
- 現状、組織毎にバラバラに知識共有されており、高度な知識を必要とする目標に手が届かない
- 知識の重複・抜けが存在、研究開発において重複が生じやすく非効率といった課題がある

### 縦割構造の解消



#### 原子力関係組織の連携プログラム【案】<sup>注1</sup>



この課題に対して原子力関係組織の連携プログラム (3つのプラットフォーム) の考えが原子力委員会から示された

- ① 軽水炉長期利用・安全
- ② **過酷事故・防災等**
- ③ 廃止措置・放射性廃棄物

目標・ビジョンの例：①知識力・技術力向上、②専門家と国民の理解増進、③経営力増進、④研究開発のかじ取り  
 注1) プロジェクトではなく、プログラム。似た目的の連携活動として欧州委員会のNUGENIAがある。  
 注2) プラットフォームには自立を求める。原子力委員会は立ち上げに協力し、連携を促進させる。

作業内容： 国内外の情報の収集と共有・公開。報告書、解説、研修資料などの作成。  
 情報交換、人材育成、役割分担して研究開発  
 作業費用： 各組織の費用、外部資金 (各省庁の予算、競争的資金など)  
 期待する成果： 実務・ニーズに対応する研究開発、国民理解増進、厚い知識基盤の構築、根拠情報の明示・俯瞰、研究や利用の進展

- 軽水炉利用に関する知識基盤（プラットフォーム）の基本的な考えに基づき、過酷事故（SA）に関する知識の共有化と体系化を図るべく、電力事業者、メーカ、研究機関から構成するSAプラットフォーム（事務局：原子力機構（JAEA））を平成29年度に立ち上げた
- 本SAプラットフォームにおいて、SA現象の理解と評価法などを体系的に理解し、応用につなげられる技術資料（SAアーカイブズ）を、電力事業者（電事連）、メーカ（電工会、東芝、日立GE、三菱重工）、研究機関（電中研、INSS、JAEA）の協働で整備した
- SAアーカイブズは、エネ庁平成30、31年度公募事業「軽水炉過酷事故に対処できる人材育成基盤の構築」を活用し、講義資料と実習プログラムを整備した

## 研修資料（SAアーカイブズ）の内容

SAに関する体系的な  
技術解説資料



+

SAに関する  
講義資料の整備



+

SAをイメージできる  
実習プログラム



エネ庁公募事業にて注力したパート

## 事務局

JAEA

SAプラットフォーム

電気事業連合会、日本電機工業会、東芝ESS、日立GE、三菱重工、  
電力中央研究所、INSS

SAアーカイブズ・講義資料作成チーム

電気事業連合会、原子力機構（原子力科学研究部門、福島研究開発部門、  
安全研究・防災支援部門）、電力中央研究所、日本電機工業会  
東芝ESS、日立GE、三菱重工

実習準備チーム

原子力機構（原子力基礎工学研究センター、廃炉国際共同センター等）

平成29年度は、**3回の会合を開催**（幹事機関：原子力機構）

## 第1回会合（2017.7.18）

- 原子力機構における軽水炉過酷事故研究の現状紹介
- 米国NRCにおける軽水炉過酷事故研究の現状
- EUにおける軽水炉過酷事故研究の現状

## 第2回会合（2017.12.15）

- 軽水炉過酷事故プラットフォームに期待されること
- 軽水炉過酷事故に関する情報収集リスト
- OECD/NEAにおける軽水炉過酷事故研究状況
- SAアーカイブズ（軽水炉過酷事故技術資料）の整備に向けて

## 第3回会合（2018.3.19）

- SAアーカイブズ（軽水炉過酷事故技術資料）の目次案および担当機関の提案
- 事業側と規制側との関係性

**組織や分野の壁を越えた共通の高い知識基盤を構築する事を目的に、そのための第一歩として、軽水炉過酷事故技術資料（SAアーカイブズ）を整備することを合意した**

## 5回のWGと2回のプレ講習会を開催（幹事機関：原子力機構）

### 第1回WG（2018.1.31）

- エネ庁公募提出資料の確認、合意

### 第2回WG（2018.5.14）

- OECD/NEAにおける軽水炉過酷事故研究状況の紹介等

### 第3回WG（2018.9.10）

- SAアーカイブズ執筆計画策定

### 第4回WG（2018.12.27）

- SAアーカイブズの進捗状況確認

### 第1回プレ講習会、プレ実習会（2019.2.18～21）

- 講義3日、実習2日のプレ講習会を開催。関係者による講義資料精査
- 講義及び実習に、それぞれ約30名、6名の電力事業者、若手研究者が参加

### 第5回WG（2019.9.17）

- SAアーカイブズ資料の改訂内容確認、講習会スケジュール確定

### 第2回プレ講習会（2019.12.18-21）プレ実習会（2020.2.6～7）

- 講義3日、実習2日のプレ講習会を開催。関係者による講義資料精査
- 講義及び実習に、それぞれ約40名、6名の電力事業者、若手研究者が参加

- ① SAを体系的に理解するため、体系的なレビュー資料（SAアーカイブズ）、レビュー資料の理解を進めるための講義資料（パワーポイント形式）を産学官の協働で作成した
- ② プレ講習会を開催し、SAアーカイブズ及び講義資料の完成度を向上させた
- ③ SA現象をイメージするためのプレ実習会を開催した

**SAアーカイブズの内容確認を目的としてプレ講習会・実習会を開催し、章立て等の内容を確認**  
 (2019年2月18日～22日、JAEA 東京事務所、原子力科学研究所)

## SAアーカイブズプレ講習会

2/18	13:05-13:15 (0.2コマ)	1.本講義の背景と目的 (JAEA)
	13:30-14:00 (0.5コマ)	2.軽水炉の安全性確保の概要 (電事連)
	15:00-15:30(0.5コマ)	3.ピアアクシデントの概要 (電事連)
	16:00-16:30(0.5コマ)	4.福島第一原子力発電所事故の概要 (JAEA)
	16:45-17:30 (1コマ)	6.ex Vessel (圧力容器内外) (JAEA)
2/19	13:00-14:00 (1コマ)	5.in Vessel (圧力容器内) (JAEA)
	14:15-15:15 (1コマ)	8.オフサイト環境中でのFP挙動 (JAEA)
	15:45-17:45(2コマ)	9.過酷事故の対策 (電事連・電工会・メーカー)
2/20	10:00-11:30 (1.5コマ)	7.ソースターム(JAEA)
	13:00-15:00 (2コマ)	10. リスク評価 (PRA) (電中研)
	15:45-17:15(2コマ)	11. SA評価モデル、SA安全性評価手法 (JAEA)

### プレ講習の参加者

- 各執筆担当機関の関係者
- 電力事業者
- SAの若手研究者

約30名出席

### プレ実習会の参加者

会場の制限から約10名が  
演習受講

## SAアーカイブズプレ実習会

2/21	13:00-17:00	事故時のFP挙動実験
2/22	9:30-12:00	燃料被覆管の酸化試験
	13:00-17:00	溶融燃料挙動解析実習(JUPITER)

### ➤ 事故時のFP挙動実験

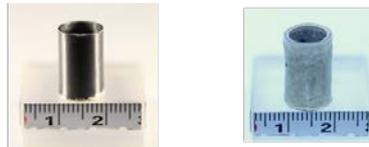
FP移行挙動に関する装置視察  
やデータ分析を行った



FP移行挙動評価装置

### ➤ 燃料被覆管の酸化試験

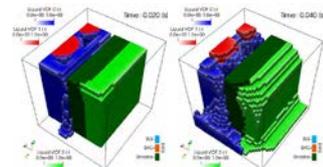
燃料被覆管の酸化層の成長速度(重量変化)、酸化皮膜の様相等についてデータ分析を行った



酸化試験後の試料外観

### ➤ 溶融燃料挙動解析

JUPITERコードによる溶融燃料挙動解析を実施し、解析の理解に必要な一連の過程を実習した。



JUPITERによる溶融燃料挙動解析

## 第1回プレ講習会及び実習会のアンケート結果に基づき、以下を改良・改訂

- 段階的に知識レベルが上がるよう章立ての見直し  
     専門的なパート (in-Vessel、ex-Vessel) を後半へ移動
- 炉系 (BWR, PWR) に応じたSA対策が理解できるように改訂
- レビュー資料改訂に際して、中堅研究者の参加
- 実習プログラムの追加・改善 (リアル実験実習とそれを模擬したシミュレーション実習で燃料破損挙動をイメージできる演習)

### ②講義プログラムの改訂

第1回プレ演習会における章立て

	タイトル
1章	1.本講義の背景と目的
2章	2.軽水炉の安全性確保の概要
3章	3.ビアアクシデントの概要
4章	4.福島第一原子力発電所事故の概要
5章	in-Vessel (圧力容器内)
6章	ex-Vessel (圧力容器内外)
7章	オフサイト環境中でのFP挙動
8章	過酷事故の対策
9章	ソースターム
10章	リスク評価 (PRA)
11章	SA評価モデル、SA安全性評価手法

段階的に知識レベルが上がるように章立て

	タイトル
1章	SAアーカイブズの背景と目的
2章	軽水炉の安全性確保の概要
3章	シビアアクシデント (過酷事故) の概要 (福島第一原子力発電所事故の概要と統合)
4章	過酷事故の対策
5章	オフサイト環境中でのFP挙動
6章	リスク評価 (PRA)
7章	原子炉圧力容器内での事象進展 (in-Vessel Phenomena)
8章	原子炉圧力容器外での事象進展 (ex-Vessel Phenomena)
9章	ソースターム
10章	SA評価モデル、SA安全性評価手法

赤字は中堅研究者の参加パート

### ③実習プログラム

実習プログラム	内容
実習1	制御棒と模擬燃料棒を用いた模擬破損の実習 燃料被覆管の酸化挙動に及ぼす雰囲気及び温度の影響を把握し、事故解析コードに反映される燃料破損挙動について学習する
実習2	JUPITERコードを用いた熔融燃料挙動解析の実習 熔融燃料の挙動について、数値流体力学を用いて詳細な解析が可能なJUPITERによる解析を実施する

講義資料の内容確認を目的としてプレ講習会を開催し、①体系的なレビュー資料（SAアーカイブズ）及び②講義資料の初版を完成させた（令和元年12月23日～25日、JAEA 東京事務所）

SAアーカイブズプレ講習会			スライド数	担当(敬称略)
12/23 1日目	13:00-13:10 (0.2コマ)	1.本講義の背景と目的	5枚	JAEA
	13:10-14:00 (0.8コマ)	2.軽水炉の安全性確保の概要 内容議論	34枚	電事連
	14:15-15:30 (1.5コマ)	3.シビアアクシデント（過酷事故）の概要 内容議論	79枚	JAEA
	16:00-18:00 (2コマ)	4.過酷事故の対策 内容議論	89枚	東芝ESS, 日立GE, MHI
12/24 2日目	10:30-11:30 (1コマ)	5オフサイト環境中でのFP挙動 内容議論	57枚	JAEA
	13:00-15:00 (2コマ)	6. リスク評価（PRA） 内容議論	96枚	電力中央研究所
	15:30-17:00 (1.5コマ)	7.in-Vessel（圧力容器内） 内容議論	84枚	JAEA
12/25 3日目	10:00-12:00 (2コマ)	8.ex-Vessel（圧力容器内外） 内容議論	76枚	JAEA
	13:30-15:30 (2コマ)	10. SA評価モデル、SA安全性評価手法 内容議論	98枚	JAEA
	16:00-17:45 (1.5コマ)	9.ソースターム 内容議論	110枚	JAEA
	18:00-18:30	総合討論		

合計:728枚

## プレ講習の参加者

各執筆担当機関の関係者

電力事業者

SAの若手研究者、37名出席



(1日目)



(2日目)

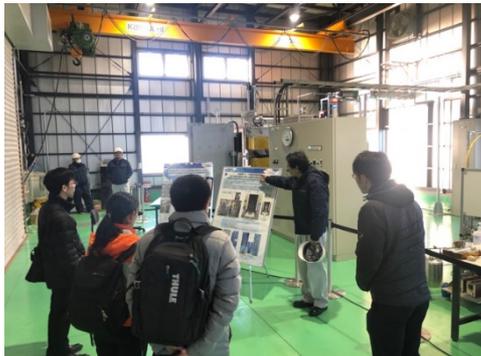


(3日目)

## 実習プログラムの内容確認を目的としてプレ実習会を開催した

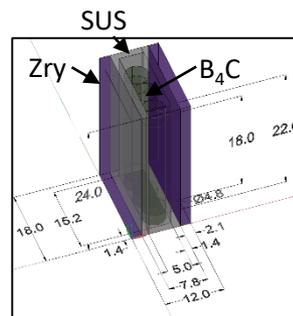
(2020年2月6日~7日、JAEA廃炉国際共同研究センター (CLADS) )

SAアーカイブズプレ演習会		
2/6(木)	14:00-15:30	東電廃炉資料館 視察
(1日目)	13:00-17:00	バンドル試験体 (制御棒と模擬燃料棒) 準備状況視察
2/7(金)	9:30-12:00	JUPITERコードを用いた溶融燃料挙動解析の実習
(2日目)	13:00-17:00	制御棒と模擬燃料棒を用いた模擬破損の実習

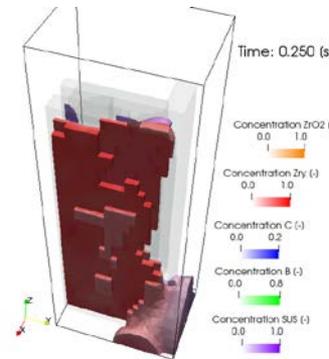


プレ演習会の参加者  
各執筆担当機関の関係者  
SAの若手研究者、6名出席

(1日目) バンドル試験体 (制御棒と模擬燃料棒) 準備状況視察



制御棒の一部



(2日目) JUPITERコードを用いた溶融燃料挙動解析の実習、模擬破損の実習

JUPITERで用いた試験体モデルと同じサイズの試験体を用いて模擬破損試験を行い、実験結果をシミュレーション解析で追える様に考慮した

## ✓ SAアーカイブズの活用法、計画をSAプラットフォームで協議

- 国内では整備されていなかったR&Dの基礎資料として活用法の検討
- SAを含む、事故時の挙動把握に役立つ、解析コード、評価ツール等の改良に貢献するための方法
- 事故対応に優れたSA研究指導者の育成・輩出に活かすための講義及び実習計画
- 発電所における事故時のプラント運転員の対応能力の向上に貢献するための方法
- 規制当局等の原子力防災担当者の持続的な人材育成に貢献するための知識の共有化の方法

## ✓ SAアーカイブズ及び講義資料 (パワーポイント形式) の紙ベース及びWebベースでの公開手続きを速やかに進める

- 許諾を要する図表の精査
- 図面等の許諾手続き

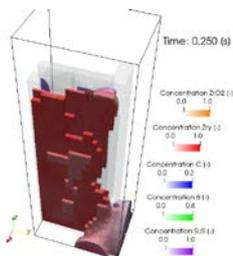
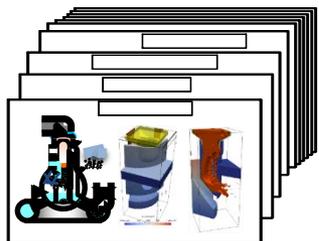


許諾手続き完了後  
Web公開および資料集として発刊予定



SAに関する  
講義プログラム

SAをイメージできる  
実習プログラム



SA研究者

産業界技術者

規制評価者

SA研究指導者

炉主任

プラント運転員

原子力防災担当者

- 国内では整備されていなかったR&Dの基礎資料として活用
- SAを含む、事故時の挙動把握を進め、解析コードや評価ツールの改良に貢献

- 事故対応に優れたリーダーや要員の育成・輩出に貢献

- 発電所における事故時の対応能力の向上に貢献
- 知識の共有化により、産学協働で知識を体系化し持続的な人材育成に資する基盤を構築