

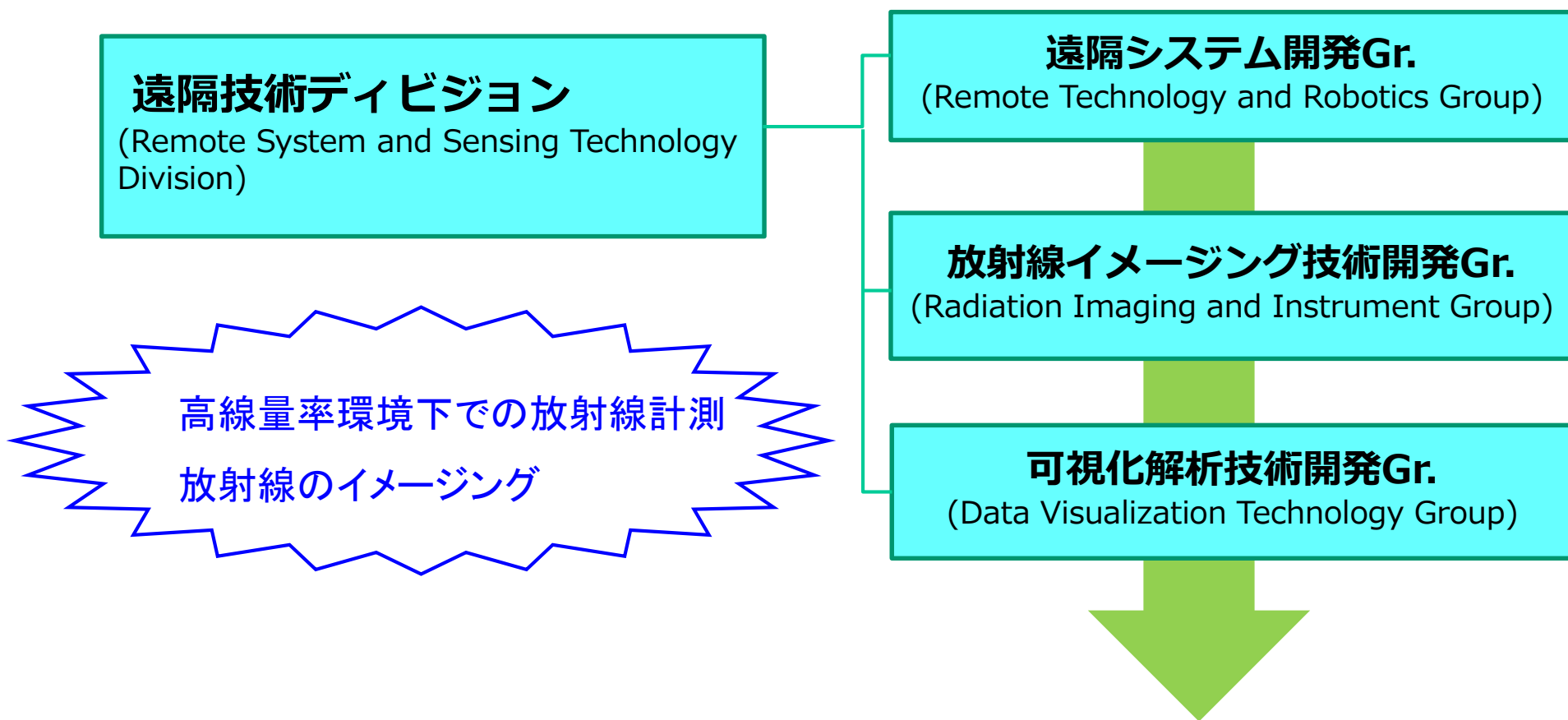
# 廃炉のための放射線計測研究 ～ JAEAの取り組みと課題 ～

鳥居建男

JAEA 廃炉国際共同研究センター (CLADS)

Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science

1. 燃料デブリ取り出し調査における遠隔技術及び放射線計測技術の開発
2. 廃止措置に向けた遠隔技術及び放射線可視化技術の開発

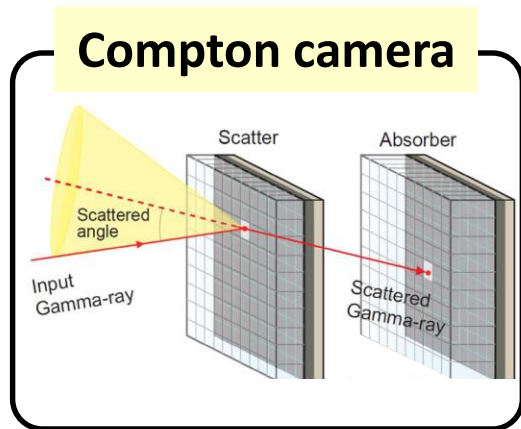


- **燃料デブリ調査**
  - 高線量率 $\sim 10^5$ Gy/h
  - デブリの特定(中性子、 $\gamma$ 線スペクトル、超高BG環境)
  - ロボットとセット(小型軽量、信号の遠距離伝送、シンプル、・・・)
  - 耐放射線性
- **廃炉の加速**
  - 作業員が近づきにくい場所(高線量、ガレキ等)の測定
  - 短時間計測、作業員が使える技術
- **共通事項**
  - 放射線イメージング＝逆解析
  - 遠隔技術(陸上、飛行、水中)
  - SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)技術

## Missions

Development of the **ultra-compact Compton camera** for hotspot monitoring inside the building of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. Taking advantage of compact size, the **Compton camera** is mounted on a helmet, drone, and so on...

→ It aims to reduction of radiation exposure.

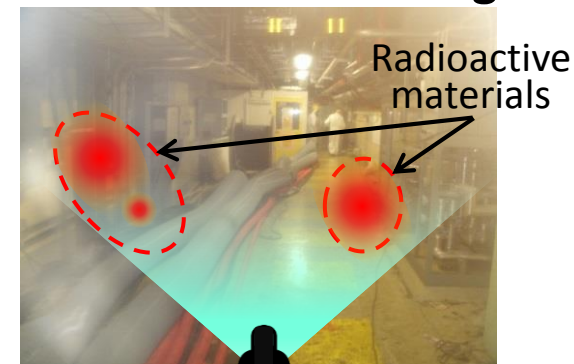


### Head-mounted camera



Real-time monitoring by workers themselves.

### Inside the 1F-building

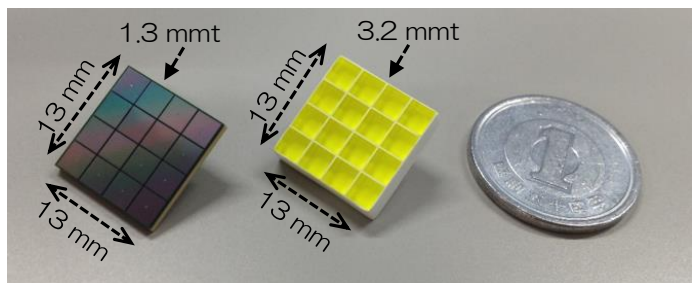


### Drone-mounted camera



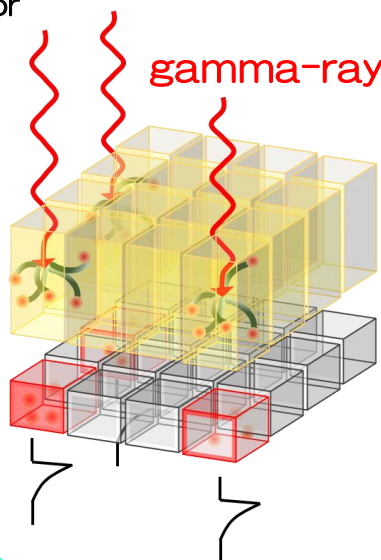
Measurement of the distribution of radioactive materials **under a high-level radioactive atmosphere** where workers must not enter.

➤ Collaborative research with Waseda University



Multi-Pixel Photon Counter (Si device)

Scintillator



Scintillator

gamma-ray

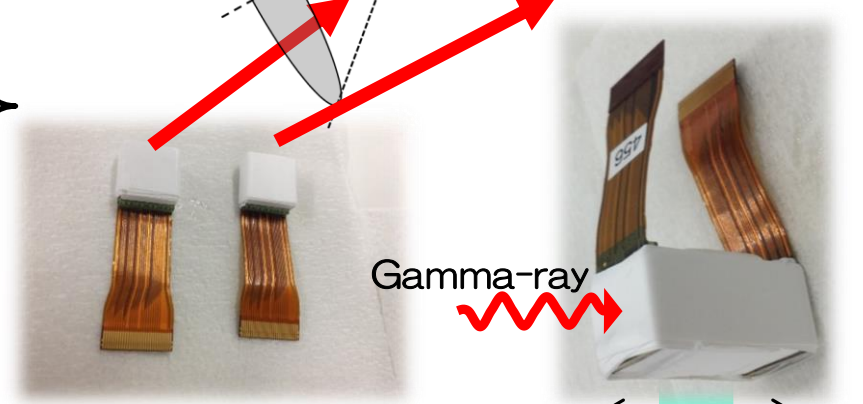
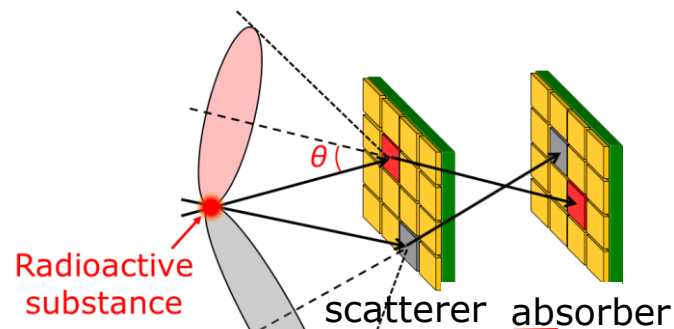
→ visible light

Photon counter

visible light

→ electrical signal

Energy deposit ↔ Signal intensity



←-----→  
25 mm  
Less than 100 g

Small sensor for Compton camera

## ニーズ

- ・格納容器 デブリの位置及び状況の調査、ペDESTAL等の状況の確認
- ・圧力容器 燃料デブリ、炉内の損傷・汚染機器の状況把握
- ・デブリ取り出し 燃料、廃棄物の内容確認・分類、取り出し後の残存物確認

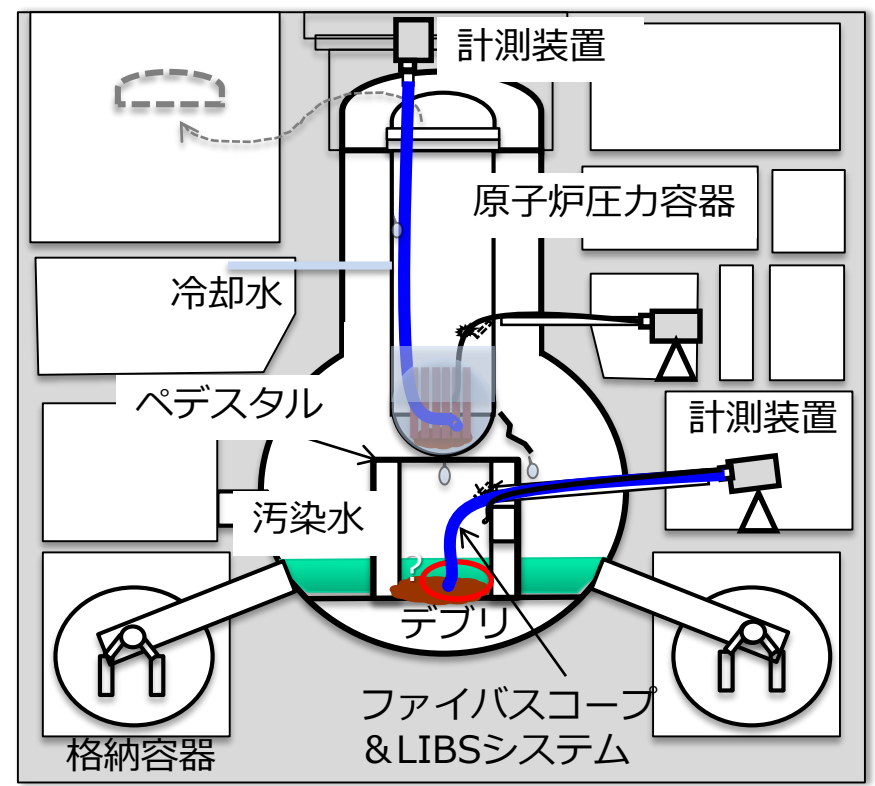
## 提案技術

- ① 観察技術(ファイバ스코ープ)
- ② 放射線計測技術(放射線源の推定、線量率の把握)
- ③ 元素組成分析技術(レーザー誘起ブレークダウン(LIBS)分光)

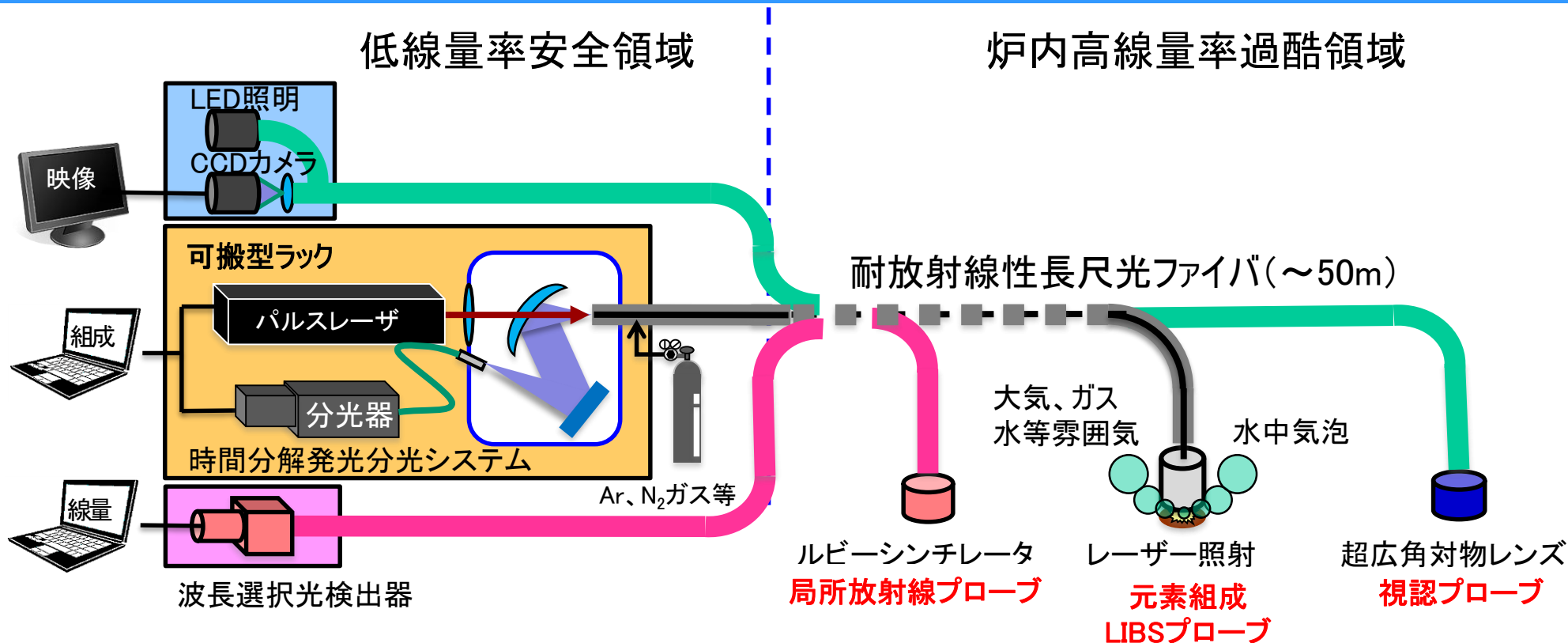
## 適用の条件

- ・気中、水中(海水、濁水)
- ・高線量 (値は想定)  
格納容器  $\sim 10^4$  Gy/h  
圧力容器  $> 10^4$  Gy/h
- ・貫通孔等からの挿入  
(X6ペネガイドパイプ  
内径 $\phi 100$ mm)

光ファイバを用いた遠隔検知

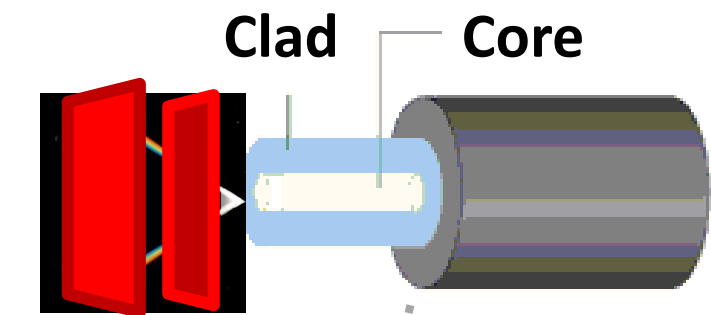


炉内検知の概略図



共通技術基盤：耐放射線性光ファイバによる光信号・エネルギー伝送

- ① ファイバ스코ープによる視認プローブ(水素濃度検知プローブ)
- ② ルビーシンチレータによる局所放射線プローブ
- ③ レーザープラズマ発光分光(LIBS)による元素組成分析プローブ



ルビーシンチレータ → 高密度シンチレータ  
 基本組成  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , に  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  0.4% 含有  
 発光波長: 693nm ( $\text{Cr}^{3+}$ )

シンチレータ

光ファイバ

➤ 光ファイバー

フッ素ドープ (~400 ppm) 石英  
 コア径:  $\phi 0.2$  mm

$\gamma$  ray

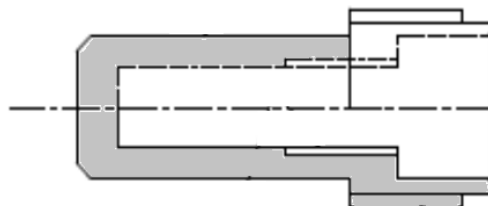
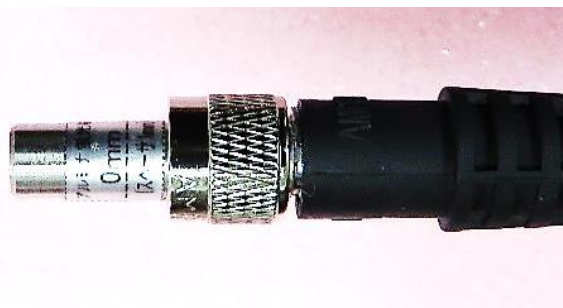
$\gamma$  ray

Scintillation Emission

防水キャップ

小型シンチレータ  
 $\phi 2$ , t0.5

Detector



光ファイバ



PC



- 1) デブリからのガンマ線か？ FP(Cs等)からのガンマ線か？ 放射化物からのガンマ線か？ **中性子は？** 線源情報がほしい。
- 2) 実効的な局所の線量率が計測したい。
- 3) 微小体積のシンチレータでは、ガンマ線フラックスは計測できるが、エネルギー分別は困難。
- 4) 微小体積のシンチレータでエネルギー分析をするには、高密度なシンチレータが必要。
- 5) 耐放射線光ファイバを利用した線量率その場分析では、発光波長が近赤外(700nm~900nm、1 $\mu$ m以上)でなければならない。
- 6) 炉内でのガンマ線エネルギー分析手法開発が必要。

# 廃炉のための 放射線計測研究カンファレンス

福島第一原子力発電所の安全な廃止措置等を推進するためには、燃料デブリの計測技術をはじめとして、これまでにない放射線計測技術を開発、適用する必要がある。今般、廃炉国際共同研究センターでは、国内外の放射線計測に関わる研究者約50名が一堂に会して、合宿形式により廃炉に係る放射線計測技術の現状と研究開発課題について議論する場として、本カンファレンスを開催する。

日時：2016年 8月4日-8月6日

場所：福島県 楢葉町サイクリングターミナル展望の宿「天神」



## プログラム

### 8月4日(木)

- > 14:00-16:00 福島第一原子力発電所見学会
- > 19:30-21:00 セッション1：廃炉と放射線計測概要

### 8月5日(金)

- > 8:30-11:30 セッション2：高線量率環境下での放射線イメージングについて
- > 14:30-15:30 楢葉遠隔技術開発センター見学会
- > 16:30-18:00 ショートプレゼンテーション

### 8月6日(土)

- > 8:30-11:30 セッション3：燃料デブリ分布の計測方法について
- > 12:45-15:00 ポスターセッション



## 8月4日(木)

- > 福島第一原子力発電所見学会
- > セッション1：廃炉と放射線計測概要

## 8月5日(金)

- > セッション2：建屋内の高線量率環境下で放射線分布をどうイメージングするか？
- > 楢葉遠隔技術開発センター見学会
- > セッション4：放射線計測を巡る最新の取り組みと課題

## 8月6日(土)

- > セッション3：燃料デブリの分布をどうやって特定するか？
- > ポスターセッション

## 招待講演者：

- M. Brisson (SRNL)
- K. Vetter -> A. Haefner (UCB)
- Z. He (Michigan Univ.)
- T. Aoki (Shizuoka Univ.)
- J. Kaneko (Hokkaido Univ.)
- M. J. Joyce (Lancaster Univ.)
- K. Lenox (NNL)
- B. Guerard (ILL)