

「環境負荷低減を目指した燃料技術」

福島事故の経験をどのように生かしていくべきか。(1)

- ・燃料取出、処理の徹底(プラント除染)
- ・TMI-2以上の技術開発とその徹底

海水、塩分と、燃料・被覆管の相互作用
燃料デブリの再処理
構造物、コンクリート、土壌の化学除染・処理
大量の放射性廃棄物処分

キーワード: 避難区域、福島復興、処分の確立、科学技術創造立国(ブランド化)、アジア各国(沿岸)の新規立地、産業育成、人材確保
(中核材料)

鈴木 晶太
suzuki@nuclear.jp

東京大学大学院工学系研究科 原子力専攻

平成24年5月17日
第4回 溶融燃料ワーキンググループ

鈴木 晶太
[東大工・原子力専攻](寺井・鈴木研究室)
<http://www.nuclear.jp/~yunen>
suzuki@nuclear.jp

- 1993. 4 東京大学工学部システム工学専攻 量子工学専攻 博士
- 2000. 3 東京大学大学院工学系研究科博士課程(システム工学専攻) 修了
- 2000. 4 核融合科学研究所 工学研究センター 助手
- 2004. 3 東京大学大学院工学系研究科 原子力専攻 准教授
- 2012. 5 東京大学大学院工学系研究科 原子力専攻 プラント管理部
- 東京大学大学院工学系研究科 原子力国際専攻
- 東京大学工学部システム創成学科 E&E コース

連絡先: 千31B-1106 茨城県原町郡東郷村白方白根2-22
東京大学大学院工学系研究科 原子力専攻
電話番号: 029-287-8455 FAX: 029-287-8458

研究内容 (各型高炉用燃料)

- (1) 核融合炉プラントにおける炉心温度制御技術に関する研究
液体金属冷却システムにおけるMHDコヒーレンスに関する研究、溶融塩冷却システムにおける不純物・リチウム移行制御、耐腐蝕材料表面の不純物移行に関する研究、など。
- (2) 水素エネルギーシステムに関する研究
固体酸化燃料電池の耐酸化、電極質の性能向上研究、など。
- (3) 高炉用CO₂-インジェクション作製手法の開発
高炉用CO₂-粒子による既有用・産業用炉作製研究、液体金属を媒介した化学蒸留法研究、など。

福島事故の経験をどのように生かしていくべきか。(2)

- ・サイト近傍の研究都市化

・廃炉、除染の研究拠点化(ハンフォード化)
原子力以外の広いアイデアの参加
国内外との共同プロジェクトの実施
国際的人材育成拠点
国内経年炉の廃炉 → 新規建設

- ・福島復興拠点化

キーワード: 避難区域、福島復興、人材育成、処分の確立、科学技術創造立国(ブランド化)、アジア各国(沿岸)の新規立地、産業育成

福島事故の経験をどのように生かしていくべきか。(3)

・放射性物質の重大な外部放出の防止・低減が安全の最終目的

原子炉の安全とは、最終的に外部放出の防止・低減。PSA、シビアアクシデント解析のゴールと重点の変化。炉心溶融後の安全システム、評価・行政手法の整備。

従来の経験と知見をしっかりと補足しながら、既存炉に新しいアイディアを投入する機会。→ 先進炉開発

重大外部放出のフイードバック(構築するチャヤンス)
シビアアクシデント評価、環境モニタリングの統合コーポ
行政機構の整備
外部放出を低減させるための安全系

福島事故の経験をどのように生かしていくべきか。(4)

- ・既存軽水炉の使用
- ・早期再稼働
- ・対策のわかりやすい説明。能動的AM。リスクの住民理解のチャヤンス。100点未満。
- ・中期的根本改良(燃料分野)
 - 従来重きをおいて来なかった抜本的な対策の試行
 - ジルカロイ代替材 → 高温化
 - 詳細な燃料燃費挙動・移行防止
 - アジア沿岸国への先進炉の新規建設
- ・将来の国内新規設置炉
- ・スーパー安全炉
- 極めて安全に特化した第4世代原子炉、核融合炉

炉心溶融後の燃料挙動の制御

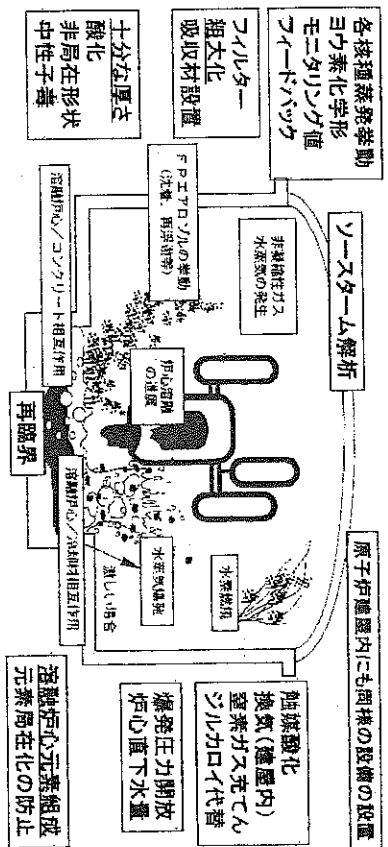
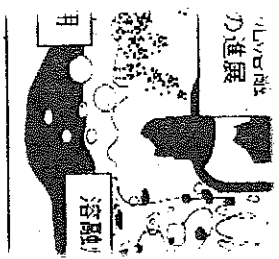


図1 シビアアクシデント時の原子炉格納容器内の主要な現象

溶融し建屋と相互作用した際の環境負荷を低減する燃料技術

溶融炉心の臨界防止(1)溶融燃料流路へのアイディア



- 溶融炉心の移動による停止
- 制御棒・反射材の溶融挙動
- 非一様溶融炉心
- 圧力・格納容器底面外への酸化ハフニウム層の設置
- 酸化ウランとの高融点共晶液体化による分散
- マンテナンスフリー
- ボロン添加コンクリート
- 低放射化と兼用
- 酸化による熱除去の確保
- 慢速速度の低減(酸化)

溶融炉心の臨界防止(2) 溶融炉心元素組成と局在化

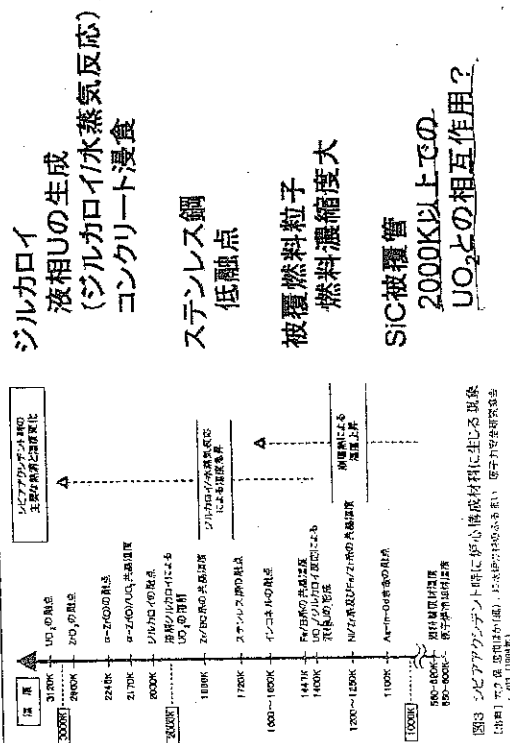


図3 シリアリアンゲンに炉心構成材料に生じる現象 (出典) 電力中央研究所(1996) 日本原子力研究開発機構(1996)

ジルカロイ
液相Uの生成
(ジルカロイ/水蒸気反応)
コンクリート浸食

ステンレス鋼
低融点

被覆燃料粒子
燃料濃縮度大

SiC被覆管
2000K以上のUO₂との相互作用?

燃料蒸発・移行低減:ソースターム

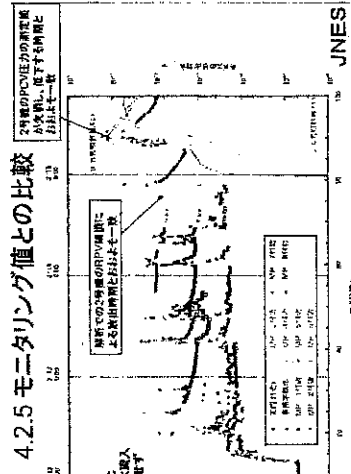
炉心インベントリに対する放出割合(%)

種別	1号機 (総放出率)	2号機 (蒸発率)	3号機 (蒸発率)
布ガス類	95	90	90
Cs(白ウラン類)	0.86	6.7	0.3
Cs(セシウム類)	0.20	5.8	0.27
Rb	4.0x10 ⁻³	2.8x10 ⁻²	4.3x10 ⁻²
Mo	9.0x10 ⁻³	5.4x10 ⁻⁴	8.0x10 ⁻⁴
Co	1.4x10 ⁻⁴	4.0x10 ⁻⁴	5.0x10 ⁻⁵
Se	1.2x10 ⁻⁴	8.4x10 ⁻⁵	1.3x10 ⁻⁵

**環境モニタリングとの整合
Csエアロソルの挙動**

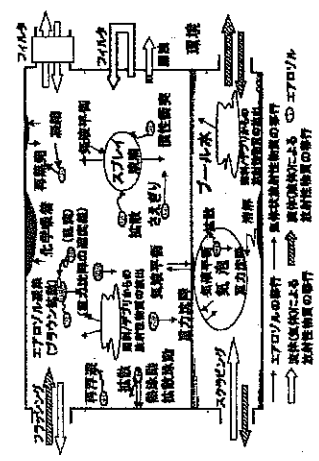
燃料蒸発・移行低減:ソースターム解析の課題

溶融燃料からの各FP元素の放出挙動:
各種共晶デブリ、海水、水素、水素爆発等、MOXデータ整備
ヨウ素・セシウム化学形:
メタン下での難溶性CH₃Iの割合、気体状セシウム?



燃料蒸発・移行低減:エアロソル凝集についてのアイデア

Csエアロソル:
沈降は早く凝集は遅いエアロソル。
凝集を早めるためにエアロソル濃度を上昇させる方法がある。
→ 燃料棒上部に塩ペレットを装荷。



まとめ(1)

・福島事故を受けて、福島復興研究拠点の整備を期待したい。

溶融炉心の着実な処理処分実務と研究
プラント・土壤除染研究
廃炉・先進炉・スーパー安全炉研究開発拠点
非原子力研究開発についても拠点化を図る。

・既存炉の再稼働に理解を得るために、実施した対策のわかりやすい説明と広報、対話を行って頂きたい。

まとめ(2)

・安全先進軽水炉、スーパー安全炉を見据え、抜本的なアイデアに基づき安全化を既存炉で実施して行くべき。

・特に、炉心溶融後の環境負荷を低減する燃料技術として、以下を提案する。

燃料棒・制御棒・反射材の溶融挙動精査と、炉心設計への提言
溶融炉心流路の化学反応による放出低減安全システムの提案
ジルカロイ代替材料の開発促進とその高温挙動調査
溶融燃料からの各FP元素の放出挙動精査(海水、水素、MOX)
ヨウ素・セシウム化学形の炉心から環境までの移行モデル
放射性エアロソルの低融点炉内材料による発生低減