

## 新型炉用燃料及び材料の性能評価

### 概要 / 目的:

第4世代原子炉システム開発イニシアチブの一環として、多くの新型燃料及び材料が開発されています。ほとんどの候補概念は先行炉の研究開発プログラムを発展させたものですが、軽水炉以外の分野では、長期間の供用がなされた場合の性能評価実績は多くはありません。候補となる材料種別の絞り込み、フィジビリティスタディ、最終的な規格化に必要なデータの取得は、資金面及び人的に非常に多くの予算を必要とします。そのため、認定・規格化に必要なコストを削減するためには、認定・規格化に関する戦略が必要で、ここでは、「all of the above」戦略と呼んでいます。本ウェビナーでは、「候補概念」から「実証・採用」に進めるために現在取られている開発戦略と実績及び今後の計画についてご紹介します。

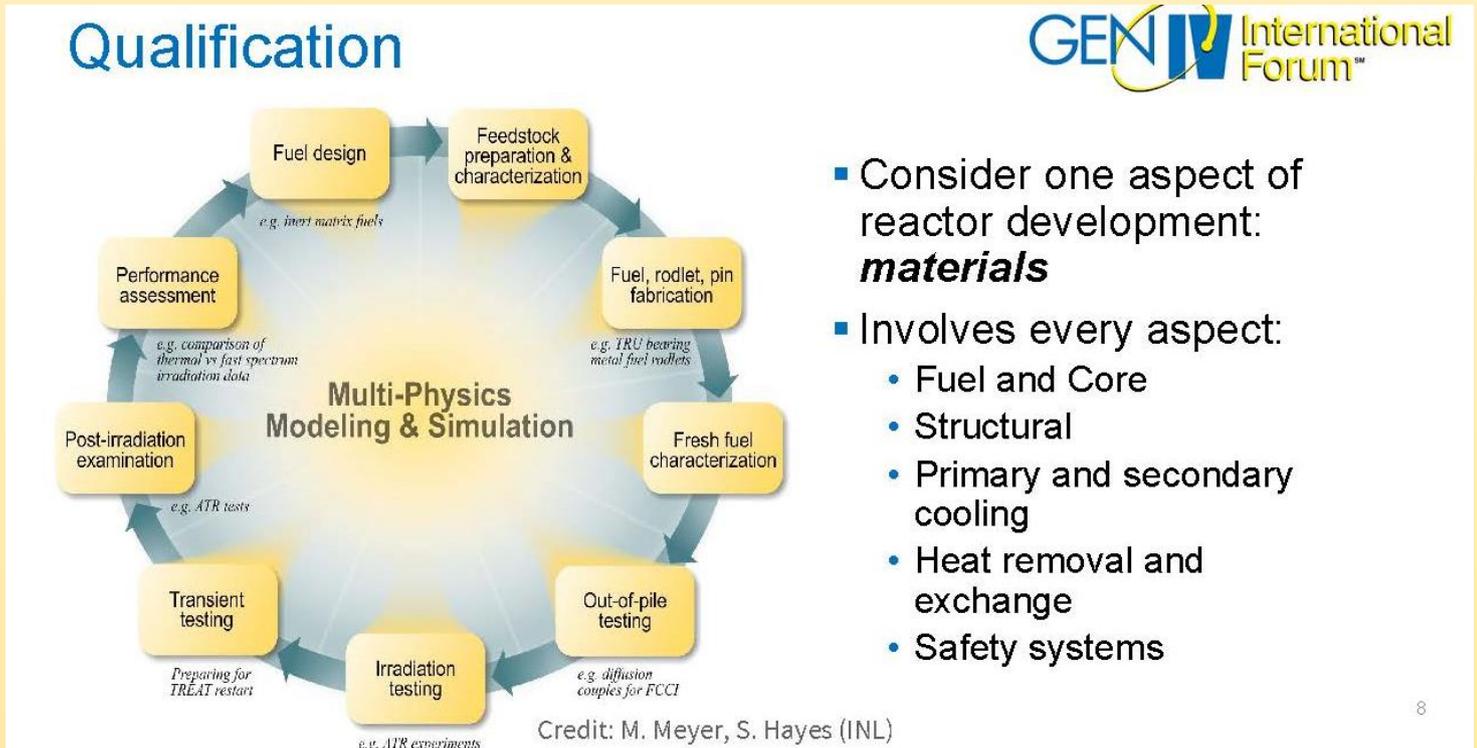
### 講演者紹介:

**Dr. Daniel LaBrier**は、アイダホ州立大学の原子力工学の准教授です。2013年にアイダホ州立大学で原子力科学・工学の博士号を取得した**照射材料の特性評価**の専門家です。研究テーマは、過酷な環境にさらされる原子力材料の環境特性評価や、軽水炉や先進システムにおける構造材料の腐食・浸食の分野などの原子炉安全プロジェクトです(SFR,MSR,HTR)。研究テーマは、**先進的炉用の燃料・材料開発と規格化検討**、材料性能に対する熱水力特性の影響検討、使用済み燃料のリサイクル技術などです。最近では、一般安全問題191(Generic Safety Issue 191)における化学的試験、TREAT炉の再起動に向けた**材料試験能力の検討**、先進的炉の試験システムの設計に取り組んでいます。ニューメキシコ大学でポスドク、オレゴン州立大学で研究教授を務めた後、2019年3月にISUに戻り、アイダホフォールズにある先進エネルギー研究センター(CAES)に研究員として滞在しています。



## 「All of the above」戦略の動機

先進的な原子炉の建設・展開に向けて燃料・材料の認定を得るためには、大きなコストを要する。例えば、新燃料概念の認定には、候補燃料の絞り込みに必要なデータの取得及び性能評価などの作業に20年必要と言われている。先進炉の迅速な導入を図るために、燃料・材料の設計から認定に至る作業を合理化する方法が重要である。

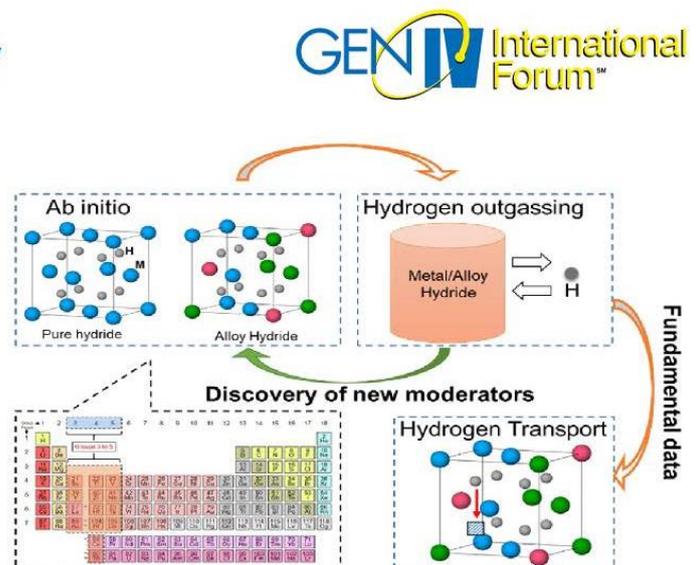


## 「All of the above」戦略とは？

燃料・材料の認定・規格化に必要なコストの削減に向けて、試験・評価方法を柔軟に追求する革新的な考え方を意味している。具体例として、一般産業用設計の動向を踏まえた原子力設計にも活用できる評価指標の導入、原子レベルの微細構造のモデル化とシミュレーションの統合を通じた特性評価の活用が挙げられる。

### All of the above Strategy

- Design
  - Specific figures of merit
- Development
  - new methods for sussing out novel materials
- Performance
  - More flexible testing methods
  - More testing facilities
- Post-performance assessment
  - More flexible analysis methods
  - More facilities

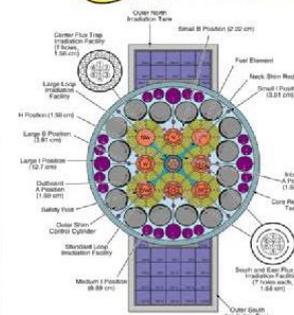


## 認定・規格化に向けた試験ニーズへの対応

モデリングとシミュレーションは非常に有用であるが、十分に検証された実験データは認定・規格化に不可欠である。しかし、認定・規格化に必要なデータは原子炉システムの種類に応じて多岐にわたるとともに、安全性試験に必要な技術の開発やシステム開発なども必要となってくる。このため、**既存試験炉の活用に加え、イオン照射源及び加速器システムを含むあらゆる照射施設、大学や産業界の研究室でも運用可能な材料試験装置の整備・活用が重要である。**

## Testing, testing, testing...

- Operations
  - Physical, mechanical
- Irradiation
  - Flux density, neutron spectrum
- Safety
  - DBA or BDBA conditions



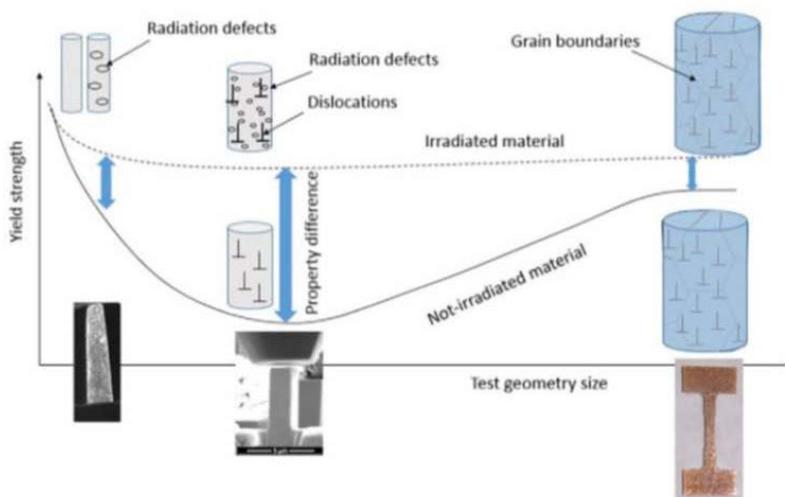
Credit: INL, ORNL

## 材料データの収集と認定・規格化への適用方法の進展

細分化された多数の小サンプルに対して同時並行的に試験/解析作業を行い、収集したデータを再構築することは、試験コストの低減に有用な方法の一つである。また、ミクロな構造解析の結果から、材料の認定・規格化のために重要なバルク特性(マクロスケールの材料特性)を評価する技術の開発も行われている。

## Importance of Scale

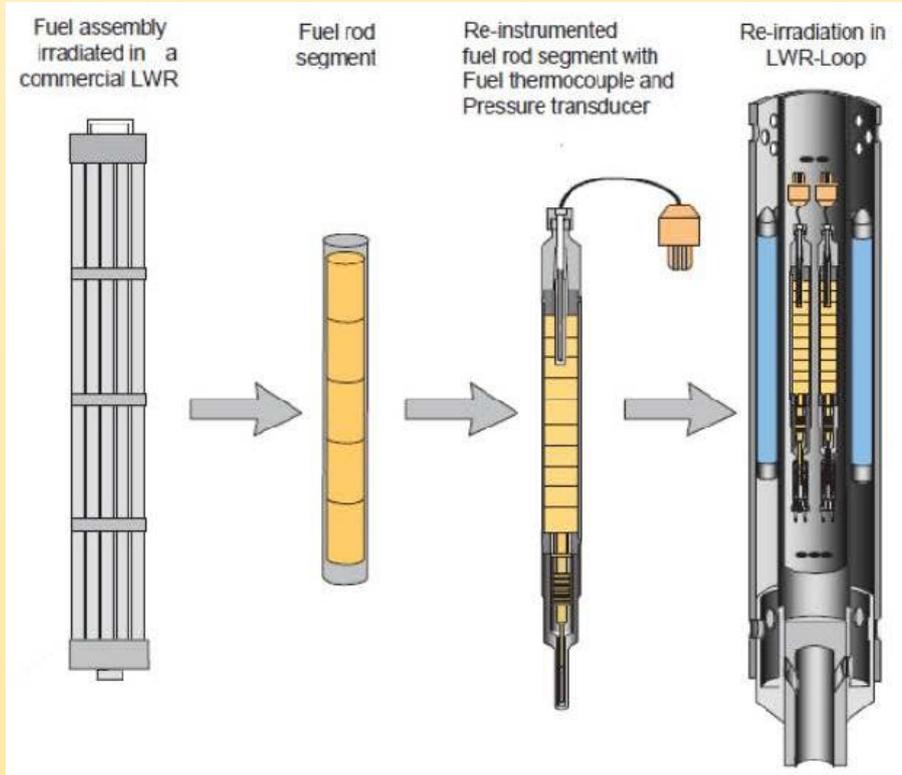
- Micromechanical testing capabilities have improved drastically over the past decade
- The ability to represent bulk property information from microscale sample analysis is a key development!



Credit: Hosemann, 2018

## 試験技術の再構築

燃料・材料の認定・規格化のために必要なデータを効率的に取得するためには、例えば、特定の試験工程を繰り返さなくても可能な限り多くの情報が得られる仕組みを構築するなど、様々な工夫を行う必要がある。



### ハルデン炉施設の“Multiple test campaigns”

(照射済燃料を再装荷・再照射し、取り出して再評価することが可能)

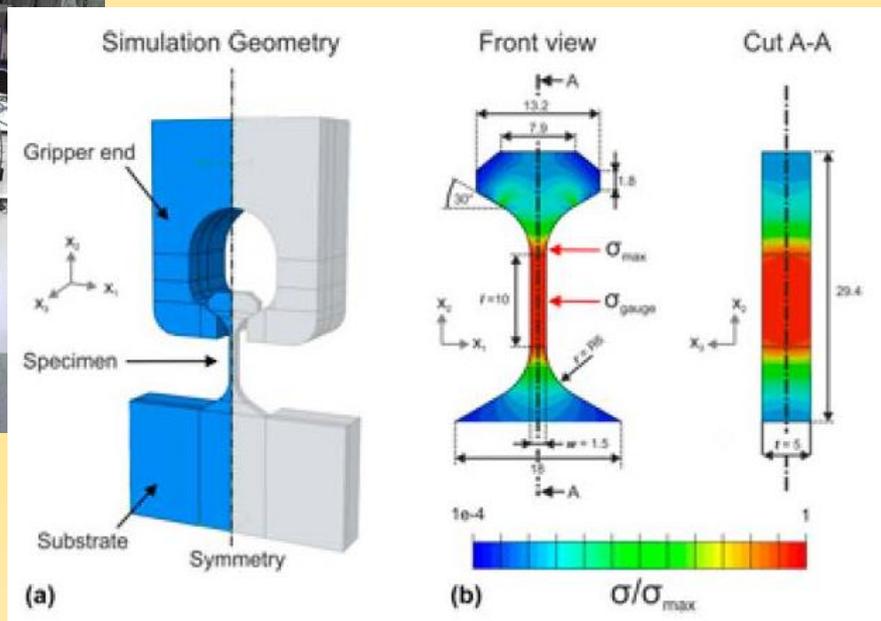
### 複合PIE

(材料サンプルを装置の中央に置き、周囲にある複数の測定ツールで検査可能)



### ロボットを活用した効率化

(ロボットが試料サンプルをある測定装置から次の測定装置へ移動させ、複数のデータを収集可能)



### 集束イオンビームを活用した検査試料の量産

(粒子燃料から小さな検査サンプルを切り出すことが可能)