

パネルディスカッション「核データ・炉物理研究は、社会にいかに関係すべきか」  
－核データ・炉物理研究は何を目指すべきか：バーチャルリアクタのすすめ－

(株)グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン 丸山博見

## 1. はじめに

地球環境を守る上からも、CO<sub>2</sub>排出量が少なく、環境負荷の小さな原子力発電が将来に亘って大規模電力源としての役割を担って欲しいと考えている。しかし、原子力発電を維持していくためには、安全確保と社会の理解が不可欠であり、これらは原子力産業界にとっても重要なビジネス基盤である。

最近では、不況の影響で基礎研究への投資の削減、原子力を志す学生の減少、種々のトラブルに起因する原子力への不信感、など技術の停滞、後継者の不足、社会への説明不足を実感することが多い。このままでは、将来に亘って原子力発電を維持するための基盤が崩れ落ちてしまいそうな危機感さえ感じてしまう。今こそ20年～30年先のあるべき姿（ビジョン）を明確にして、原子力の基盤強化に役立つ核データ・炉物理研究とはどのようなものかを真剣に議論し、取り組んでいく時期ではないだろうか。

## 2. 原子力基盤の弱体化と対策

今までは研究開発テーマというものが外から与えられてきたが、これからは技術者がテーマを発掘していく時代になってくる。それを認識しないと、目的を失って何を研究開発すべきかが分からなくなってしまう。目的を見失った状態が技術の停滞を助長している。これを打破するには、核データ・炉物理に携わる技術者が、炉物理の需要を発掘し、何故それが必要かを主張して予算を獲得していかねばならない。

核データ・炉物理分野を目指す学生が少ないというのは、この分野が技術的な魅力に乏しいという点があるのではないかと考える。それは許認可などを通して確立した技術という印象を与えていることにも原因があるのかもしれない。しかし、確立しているのは安全にマージンを持って設計できる設計技術であって、核データや炉物理の研究ではない。原子炉の中では種々の現象が生じており、それを完全に予測できるまでには至っていないのが現状である。核データ・炉物理の研究開発テーマ選定では、未知のことにチャレンジできる技術的な魅力があるもの、そして、その中でレベルの高い後継者を育成できるものであって欲しい。

これまで国民に対する原子力技術の説明は、原子力の必要性、安全性を専門

的に説いたものが多い。しかし、国民が不安に思うことに分かり易く答えることは原子力に対する理解を得るために重要であり、社会に説明する技術の高度化にも取り組む必要がある。

### 3. 将来のビジョンに基づくバーチャルリアクタ開発

原子力発電をよい形で継続するには、原子力発電の品質保証の充実、許認可システムの高信頼化、原子力基盤技術の高度化、社会への説明の充実、が必要であると思う。最初のを除けば、原子炉内で起こる複雑な物理現象をより良く理解することが共通ベースである。その知見を基に計算機上にバーチャルリアクタとして構築していくこと、それが核データ・炉物理が貢献する一つの形だと考える。それがどのように役立つかを説明する。

#### (1) 許認可システムの高信頼化

許認可では、我国の技術の粋を集めて審査すべきである。どんなに新しい原子炉が設計されても、国としてのチェック機構がしっかりしていれば安心できる。バーチャルリアクタとして我国最高のベストエスティメイトコードを開発し、クロスチェックに用いれば設計の安全性を高精度で評価できる。さらに、設計コードの参照解を与えるため、設計技術の高度化にも繋がる。

#### (2) 原子力基盤技術の高度化

バーチャルリアクタは、大型原子炉実験の代替になり、開発コストの低減に役立つ。しかし、これは実験が不要となることではなく、寧ろ、計画的に多くの要素試験を実施し、物理現象を把握してバーチャルリアクタの物理モデル構築に役立てる。このような研究活動は、大学における学生の育成にも役立てることができ、バーチャルリアクタ開発を核として人材の育成、実験を含む基礎技術の育成が可能となる。

#### (3) 社会への説明

最近は、可視化技術も進歩しており、それらを駆使すれば原子炉の挙動を国民に分かり易く示すことができる。いろいろな事象について説明するより、見せることによって容易に理解を得ることができるし、それによって原子力技術のレベルを社会に分かってもらえると考えている。

### 4. おわりに

原子力発電の品質保証は重要な課題ではあるが、それだけでは基礎研究の強化や人材育成を含む基盤強化には繋がっていかない。将来に亘って原子力を支えるための仕組みを考え、そのために何が必要かをよく考えて欲しい。

原子炉の中で起こっている物理現象を理解するという事は、究極的には

事象を正しく予測できることである。原子炉内では、核、熱流動、構造、材料の複合現象が起こっている。これからは、炉内のあらゆる事象を予測できる技術を確立するために、産学官が協力する時代になって欲しいと期待する。

核データ・炉物理研究は社会にいかに関わるべきか

産業界の視点から(2):  
バーチャルリアクター開発のすすめ

(株)グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン  
丸山博見

## はじめに

### ■ 原子力発電の必要性

- ・ 原子力は二酸化炭素の放出量の少ない電力源

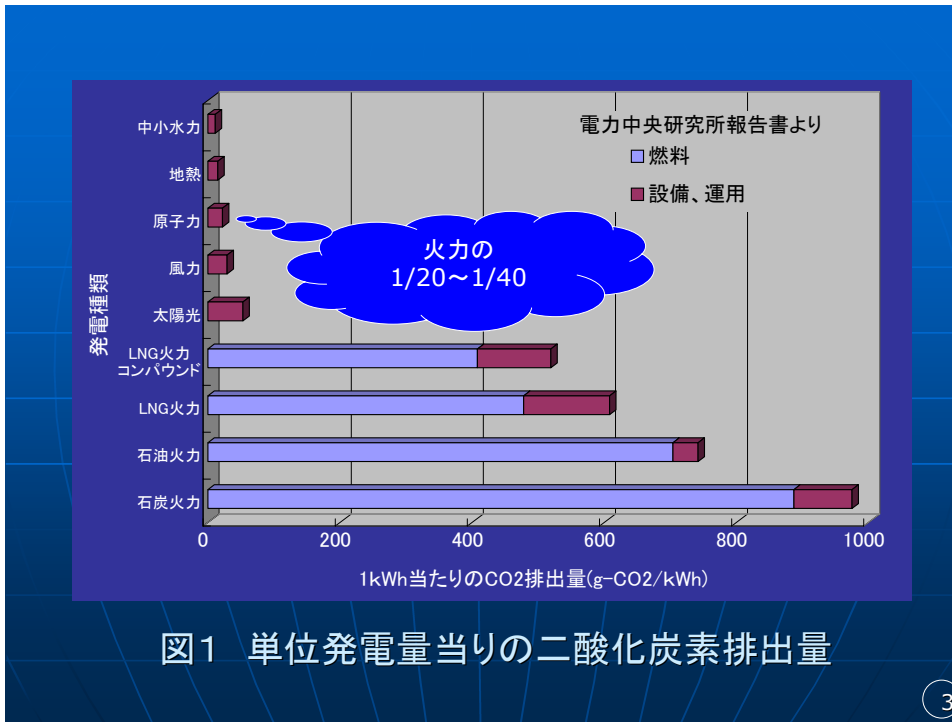
▶ 原子力は、将来にわたる主要な電力源

### ■ 原子力の安全確保の重要性

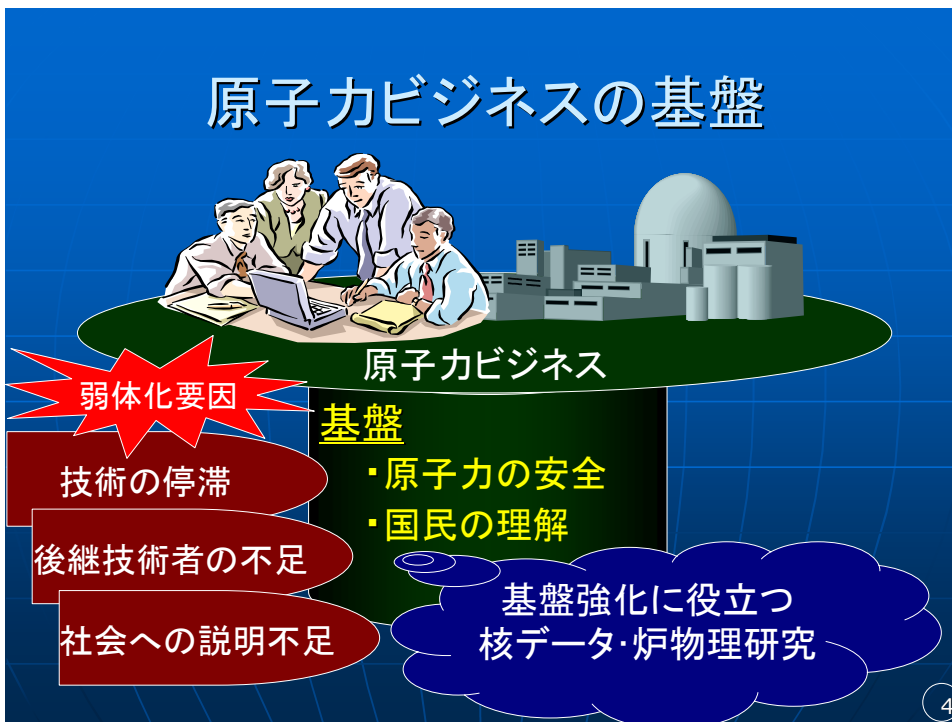
- ・ 原子力事故は国内外に多大な影響を与える
  - チェルノブイリ、JCOなど

▶ 安全確保は、社会が原子力を受入れる大前提

②



3



4

## 基盤の弱体化要因と対策

- 技術の停滞
  - ・ 対策: 明確な目的をもった研究開発の必要性
- 後継技術者の不足
  - ・ 対策: 魅力ある原子力の技術分野の創生
- 社会への説明不足
  - ・ 対策: 国民への分かり易い説明技術の開発

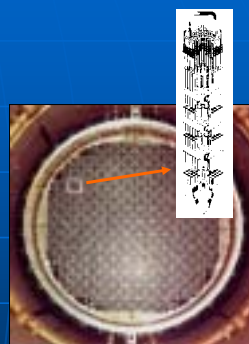
将来にわたる原子力基盤強化技術の核として  
バーチャルリアクター<sup>\*</sup>、<sup>\*\*</sup>開発を提案

<sup>\*</sup> 日本原子力学会誌 Vol.45、No.2、p.85(2003)、<sup>\*\*</sup> CESDニュースレター創刊号(2003)

5

## バーチャルリアクターと必要技術

- バーチャルリアクター(VR)
  - ・ 計算機内に作る仮想原子炉
    - 過渡や事故をリアリスティックに模擬
    - 可視化技術により炉内事象を実体験
- 必要な技術
  - ・ 核データ
    - 広範囲にわたり精度の良い核断面積
  - ・ 炉物理
    - 核、熱流動、構造、材料、制御を含む複合解析技術
    - 損傷などの確率的現象の取り扱い
  - ・ その他
    - 事象を実体験できる可視化技術



6

## 設計コードとの相違

	設計コード	バーチャルリアクター(VR)
対象炉	限定的	汎用的 (現行炉～次世代炉)
評価	熱的制限値など に対する余裕	健全性の限界と それに対する余裕
精度	設計マージン以内	現象模擬の 忠実度
その他	品質保証	精度保証

7

## VRの活用(1):安全審査への適用

### ■ 適用範囲の広い解析手法によるクロスチェック解析

A社  
設計コードX

B社  
設計コードY

C社  
設計コードZ

### バーチャルリアクター

#### クロスチェック解析

- (原子力安全基盤機構)
- 設計コードからの独立性
  - 近似が少なく、高精度
  - 適用範囲の広い手法  
(現設計から新設計まで)

- 異なる設計に対する  
整合性のある審査
- 設計マージンの  
適切性の確認可能
- 複合現象を含む  
より現実に即した審査
- 安全審査の簡素化  
(設計コードの  
精度審査不要)

- ・異なる設計コードによる設計申請
- ・新たな設計の審査

原発を社会に提供するための  
信頼性の高い仕組みの追加

8

## VRの活用(2): 実験の代替

- 計算機による大型原子炉実験の代替

モデル構築のための  
要素試験

材料基礎試験

熱水力要素試験

臨界試験など

バーチャル  
リアクター

例えば、  
原子炉事故  
シミュレーション

- ・開発の低コスト化
- ・過渡、事故に対する擬似経験→的確な対策

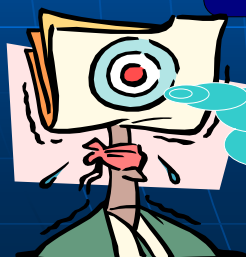
9

## VRの活用(3): 技術の信頼性PR

- 健全性の損なわれる過程まで予測できる技術
- 国民のどんな疑問にも回答できる技術

可視化技術

専門的な説明より実体験  
→百聞は一見にしかず



大地震が来ても  
安全なの？

技術の信頼性を実感  
→社会の「安心」

10

## 産業界への影響

- 設計コードの高度化
  - ・ VRによる設計コードの参照解の提供
  - ・ VR開発技術の設計コードへの導入
- 設計の高度化
  - ・ 過渡、事故時の複合現象の深い理解  
→より安全性の高い炉心設計や制御系設計

より信頼性の高い、低コストの  
原子力発電の提供

11

## まとめ

- 核データ・炉物理研究と社会との係わり
  - ・ 原子力の安全維持、技術に対する信頼獲得が技術者の責務 →原子力ビジネスの基盤
- 基盤強化の核データ・炉物理研究としてバーチャルリアクター研究開発を提案
  - ・ 迷走しがちな核データ・炉物理研究の合目的化
  - ・ 定常から事故までの現象の正確な予測
    - 現行炉から将来炉までカバーする高精度な核データ
    - 中性子、熱流動、構造、材料の複合現象の炉物理
  - ・ 社会に対する説明技術の高度化
- 開発体制の確立と長期的開発計画の立案
  - ・ 中心となる機関、長期的スケジュール

12