

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」  
－炉物理研究の視点から－

名古屋大学 山本章夫

([a-yamamoto@nucl.nagoya-u.ac.jp](mailto:a-yamamoto@nucl.nagoya-u.ac.jp))

## 1. はじめに

この企画セッションのタイトルにある「社会」とは、いわゆる世間一般のことを指していると思われる。一方、大学において「社会との関わり」というとき、それは産学連携のことを指す場合も多い。公的な機関にとって、前者、後者とのかかわりはますます重要になると考えられることから、以下ではこれらの連携の一例を、核計算で得られる結果の「外挿性」を切り口として考察する。

## 2. 新型燃料と外挿性

昨今の経済情勢のもと、原子力発電の経済性向上の重要性はますます高まっている。そこで、炉心の安全性・信頼性は前提条件とした上で、炉物理研究への期待は第一義的には経済性向上と直接リンクしたものになると考えられる。

炉物理が主役となる炉心設計においては、経済性向上は

- ①高燃焼度燃料などの新型燃料の導入
- ②長サイクル運転など改良された運転方法の採用
- ③燃料配置の最適化
- ④精度のよい手法の採用に伴う設計余裕の適正化
- ⑤革新的新型炉心の開発

などの方法で実現できる。つまり、炉物理研究はこのような多面的なアプローチで原子力発電の経済性向上に貢献することが可能であり、ひいてはその研究成果を社会に還元することができる。

さて、例えば①の新型燃料の導入を考えた場合、炉心設計で用いられる手法が新型燃料の特性を妥当な精度で予測できることを何らかの方法で示す必要がある。一般に新型燃料は濃縮度や Gd 濃度が高いなど何らかの面で「新しい」。従って、当たり前なことではあるが、従来燃料の経験の範囲を超えるものとなる。そこで、当該コードの「外挿性」が問われることとなる。ここで「外挿性」とは、濃縮度などの設計パラメータが従来のものを超えるとき、どの程度の予測精度を確保できるか、ということを示すものである。外挿性が非常に優れている計算コードは、それだけ汎用的に作られていると言っても良いだろう。

実機の炉心設計に用いられているコードは、それぞれの炉心タイプに特化する

ることで計算の効率化が図られているものの、一般に汎用的な計算理論を用いている。そのため、実機で採用される「新型燃料」のように従来燃料とのギャップが比較的小さいものに対しては、問題なく適用できると思われる。例えば、従来 4wt%濃縮の燃料が用いられており、新型燃料では濃縮度が 0.5wt%上昇したとしよう。炉物理計算の経験者であれば、この程度の差異は炉心特性の予測精度に大きな影響を及ぼさないことは感覚として理解できると思われる。つまり、この程度であれば、現行の設計コードは十分外挿性を有していると判断できる。

しかし、この外挿性に関わる判断は、炉物理が専門の技術者にとっては比較的容易であっても、これを一般的かつ的確に示すことは思ったより困難である。これは、コードの外挿性を定量的に示すことができる理論の枠組みが整っていないことが大きな要因であると思われる。そのため、新型燃料の採用にあたっては、臨界実験などを行い、その結果を用いて核設計コードの妥当性を示すこととなる。仮に、コードの外挿性を定量的に示すことができる理論の枠組みがあれば、より合理的に核設計コードの妥当性を示すことも可能になると思われる。現段階では、大阪大学の竹田教授が中心となって取り組んでいる感度解析を用いた不確定性低減因子が最もこの枠組みに近いものであると考えられる。

なお、上記の議論はしばしば「臨界実験不要説」と見られがちである。しかし、実際には臨界実験の重要性を否定するものではなく、むしろ、臨界実験でなければならぬ領域を明確にし、その位置づけや存在意義を高めるものになるだろう。

流体力学の分野では、レイノルズ数がスケールリング則のための重要なパラメータとなっている。炉物理分野でもこのような考え方を取り入れることができれば、外挿性についてよりの確な説明ができるようになると思われる。すなわち、外挿性を代表することができるパラメータがそのキーポイントになるだろう。


外挿性の定量評価には、感度解析関連の理論的枠組みに加え、断面積の不確定性が必要になる。この点から、核データにおける共分散ファイルのよりいっそうの充実が望まれる。共分散ファイルの編集は、断面積の編集にも劣らないほどの労力が必要だと核データ関係者の方から伺ったことがある。JENDL3.3では、関係者の多大なご努力により、共分散ファイルの整備が進んだ。次期 JENDLでは、共分散ファイルが拡充され、その価値がさらに高まることを期待したい。また、実際の設計で共分散データが広く使用されるためには、処理コードの整備も重要である。このような処理コードの開発・整備は、核データ研究と炉物理研究の両方の性質をあわせ持っていることから、両分野の緊密な連携が要求される。

### 3. 説明責任と外挿性

ここまでは、核計算コードの外挿性と、それを定量的に評価するための枠組みについて簡単に考察してきた。仮に、ここまで議論してきたような外挿性の定量化が成功すれば、それは一般的かつ的確な説明として、炉物理コミュニティはもとより、社会に対しても有効なものになると思われる。すなわち、外挿性の定量評価は、世間一般に対する説明責任を果たすのにも役立つと思われる。

### 4. おわりに

本稿では、新型燃料に対する核計算コードの外挿性を例にとって、炉物理研究と社会との関わりを示した。炉物理研究を社会貢献のための「実学」として見たとき、先に見たようにまださまざまな研究課題が存在することに気づく。「社会との関わり」の観点からは、このような切り口も今後ますます重要になるとと思われる。



## 核データ・炉物理研究は、社会に いかに係わるべきか ～炉物理研究の視点から～

---

名古屋大学 工学研究科  
山本章夫

日本原子力学会2003年秋の大会@静岡大学、2003/09/26

1



## 社会との係わりとは

---

- 通常は「世間(一般公衆)との係わり」
- 大学では「産学の連携」の意味も
  
- どちらの切り口も重要

2

## 炉物理研究への要請

- 炉心の安全性・信頼性の確保は大前提
- その上で安心・経済性の向上に寄与する研究が期待されている
- どういう形でこの要請に応えるか？

3

## 炉物理研究と経済性向上(1)


- 新型燃料の導入
- 運転方法の改良
- 燃料配置の最適化



4



## 炉物理研究と経済性向上(2)

- 精度向上に伴う設計余裕の適正化
  
  - 革新炉の開発
- 
- 多彩なアプローチで経済性向上に寄与可能→研究成果を社会に還元できる

5



## 外挿性と妥当性

- 「新型」燃料の採用時に、設計手法の妥当性をどのように示すか？
  - 臨界実験(王道)
  - 高精度計算との比較
  - 工学的判断
  - 外挿性を担保する理論:相似則

6



## 「レイノルズ数」を探せ！

- 炉物理における相似則の確立
- (設計パラメータ)外挿時の精度を定量的に担保
- 臨界実験の重要性を高める

7



## 外挿性の定量化: 相似則の確立

- 感度解析理論の拡充
- 断面積共分散ファイルのさらなる整備
- 汎用の感度解析コードの開発

8



## 定量化と説明しやすさ

- 定量化は、以下の点から重要
  - 炉物理・核データコミュニティでの共通言語
  
  - 世間一般に対する説明(安心感)

9



## まとめ

- 「外挿性」をキーワードとして「社会との連携」の一例を考察した。
- 外挿性を定量的に評価することは、核データ・炉物理コミュニティ、世間一般のどちらに対しても役立つ
- 「実学」としての炉物理は様々な研究課題がある

10