

〔コメント5〕 実験的検証

原研 吉田 弘 幸

HCLWRの炉物理的特徴は、主要核特性の多くが共鳴エネルギー領域の特性によって決まることにある。適切なData & Methodsの早期確立に資するため、炉物理実験が欧州諸国で実施されているが、日本原子力研究所においても本年5月よりFCAを用いた3年間の実験計画に着手する。

1. 欧州におけるHCLWRの炉物理実験の現状

1960年代には米国はANLのZPR-7を用いて系統的な実験を行ったが、用いた燃料は～3w/o濃縮Uであった。一方、欧州では高富化度PuO₂-UO₂燃料HCLWRの設計動向を反映して、1980年になってPuO₂-UO₂燃料を用いた実験が活発になった。

1981年、スイスのEIRでは従来重水減速炉であったPROTEUS炉の中心に60cmφ×80cmHのHCLWR領域を設けて実験を開始した。第1期計画では～15w/oPuO₂-UO₂ピンと劣化UO₂を組合せて～6w/oPuO₂-UO₂ピンを模擬し、現在実施中の第2期計画では7.5w/oPuO₂-UO₂ピンを新たに製作して実験に供した。水対燃料体積比(M/F比)は0.5であり典型的なHCLWRのものである。第1期計画では、未ボイド、42.5%ボイド、100%ボイドの系のk_∞と各種反応率比が測定され、第2期計画では制御棒効果、ブランケット効果、格子間隔とPu組成効果等が追加測定される予定である。この実験データは既に我が国のData & Methods検証のために活用されている。

西ドイツのKFKでは、シャットダウン直前のSNEAKを用いて、1984年に短期間で小規模な実験を行った。この装置はFCAと同種であり、後述のFCA実験計画作成時に参考になった。減速材にはポリスチレンを用いM/F比0.5と1.0を模擬したが、燃料は15w/oPuO₂-UO₂ピンをそのまま使用したので典型的なHCLWRのPu富化度の約2倍であった。

フランスは1984年に大規模かつ意欲的な実験計画を開始した。カダラッシュでは軽水炉CAのEOLEを用いて、7.5w/oPuO₂-UO₂ピンによるM/F=0.5, 0.9を模擬した臨界実験を行うと共に、CAのMINERVEを用いて照射済燃料サンプルの核分裂生成物の反応度効果をオッシレーション法で測定する予定である。一方、グルノーブルでは材料試験炉MELUSINEを用いて燃料核種、その他のアクチノイド核種、核分裂生成物主要核種の炉物理的照射データをうる計画である。いずれの施設に対してもHCLWRのスペクトル形成のためにPuO₂-UO₂ピンを製作している。

2. FCAによるHCLWRの炉物理実験計画

共鳴エネルギー領域を対象とするData & Methodsの不確かさが影響を与えるHCLWRの臨界性、転換比、ボイド反応度、制御棒効果に関する実験データを提供すると共にその特性の解明

に資する基礎データ（反応率比，サンプル反応度値等）を提供することを目的として，FCAでは3年間の3フェーズにわたる炉物理実験を計画し，本年5月初旬よりPhase-I第1炉心の臨界近接を開始する。

我が国にはHCLWRのPu富化度を持つ充分な量のPuO₂-UO₂ピンはなく，その製作期間を考慮すると何時の時点で実験が可能になるのか見通しがつかない。FCAは高速炉のCAである関係から上記Pu燃料を模擬することは可能であるが，水を減速材として使用することが不可能であり固体減速材による模擬が必要となる。広範囲にわたる検討により，種々の測定上の困難はあるにしても，板状燃料と固体減速材ポリスチレンによってHCLWRのData & Methodsに資する実験は可能であるばかりでなく，測定位置，燃料濃縮度及びM/F比，ボイド率の選定が容易でかつ自由度が大きいなどというFCAの特徴を生かして欧州での実験以上に有用な実験データを提供できると考えている。

全体計画に共通した実験体系

実験体系は図1に示したように中心にHCLWR組成を模擬したテスト領域とそれを囲む高速炉系のドライバー領域からなるゾーン型体系である。基本モードスペクトルの形成領域を最大限にするために軸方向にはテスト領域のEUまたはPuをNUに置換した軸方向ブランケット，径方向にはドライバー領域からの高速中性子流入を緩和するステンレス鋼バッファを設けた。テスト領域の組成はPhase-I～IIIによって変更される。

Phase-I 実験計画（1986.5～1987.4）

Phase-Iでは，組成模擬の自由度が高い20%EU板を用いて，主要特性に与える燃料濃縮度(E)とM/F比の効果を測定すると共に，スペクトル指標を種々の検出器によって測定しその有効性を評価する。テスト領域の組成はEU06(E=6%，M/F=0.6)，EU05(E=5%，M/F=1.0)，EU08(E=8%，M/F=0.6)であり，その物質板配列を図2に示した。測定項目については表1に示したが，特にボイド率変化による中性子スペクトル変動が著しく各スペクトルFの基本特性が有用なデータとなりうることから密度の異なる発泡ポリスチレン板によってボイド率0，40，60，80，95，100%を模擬する。この場における測定からボイド効果及びスペクトル指標に関するFCAの特徴を生かした系統的な実験データを提供できると考えている。

Phase-I計画炉心の格子特性のうち k_{∞} と反応率比，ボイド効果の予備解析結果を表2と図3に示した。またEU06組成でのボイド率とスペクトルの関係を図4に示した。

Phase-II 実験計画（1987.6～1988.4）

Phase-IIでは，板状のPuを用いて典型的なHCLWRの組成をテスト領域に模擬し，Pu核種の共鳴吸収によって生じた硬中性子スペクトル場での特性を測定する。ボイド効果と転換比及

びそのPu組成効果の測定が重要となる。転換比測定には反応率-反応度組合せ法を適用する予定である。

Phase-Ⅲ実験計画(1988.6～1989.4)

Phase-Ⅲでは、 PuO_2 - UO_2 ピンを新規に製作し、実機組成の核特性を測定する。制御棒効果及びその挿入による中性子束歪みの測定が一層重要になる。

3. まとめ

FCA実験終了後、この炉物理実験計画はTCAを用いた第2期計画に引きつがれる予定である。FCAの実験はその特殊性から種々の測定上の困難に遭遇すると考えられるが、一方ではFCAの特徴を生かしたきめの細かい有用なデータを提供できるものとする。この実験を有意義にするにはData & Methods開発関係者との緊密な連携が必要であると思われるので、よろしく願いたい。

表1 FCA XIV炉心の主要実験項目

- (1) バックリング或いは K_{∞} (反応率分布, 中性子バランス)
- (2) ボイド反応度効果 (減速材の密度変化)
- (3) スペクトルインデックス (箱, 核分裂計数管)
- (4) 転換比の指標 ($^{239}\text{C}/^{235}\text{F}$, $^{239}\text{C}/^{238}\text{F}$)
- (5) 物質反応度値
 - 吸収材 (B, C, Hf 等)
 - 燃料 (Pu 同位元素効果)
 - 構造材 (SUS, Zr 等)

表2 PHASE-I 体系の格子特性

K_{∞}						
EU06	EU05	EU08	PU08(92)	PU08(81)	PU08(75)	PROTEUS
1.1822	1.2170	1.2088	1.1850	1.1650	1.1500	1.0450

* Plutonium isotopic composition

PU08(92) : Pu-239/Pu-240/Pu-241/Pu-242 = 91.17/8.00/0.76/0.07
 PU08(81) : Pu-239/Pu-240/Pu-241/Pu-242 = 78.35/18.19/2.95/0.51
 PU08(75) : Pu-239/Pu-240/Pu-241/Pu-242 = 68.26/21.69/7.46/2.59

Reaction rate ratio

		EU06	EU05	EU08	PROTEUS
Void 0%	F8/F5	0.00794	0.00511	0.01067	0.00999
	C8/F5	0.05205	0.03644	0.06682	0.06994
Void 46%	F8/F5	0.01031	0.00708	0.01372	0.01078*
	C8/F5	0.06816	0.05041	0.08324	0.08469*

* Void 42.5%

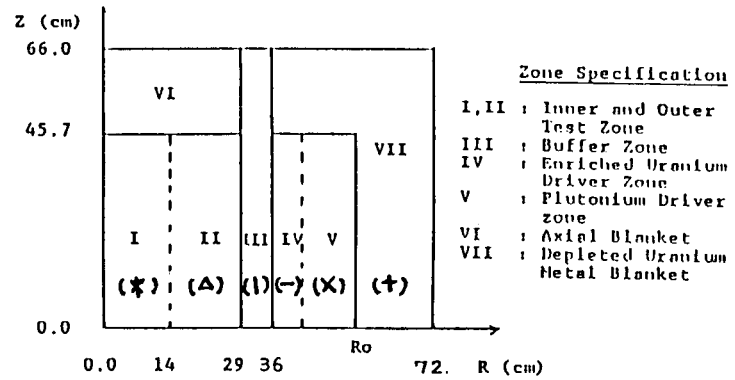
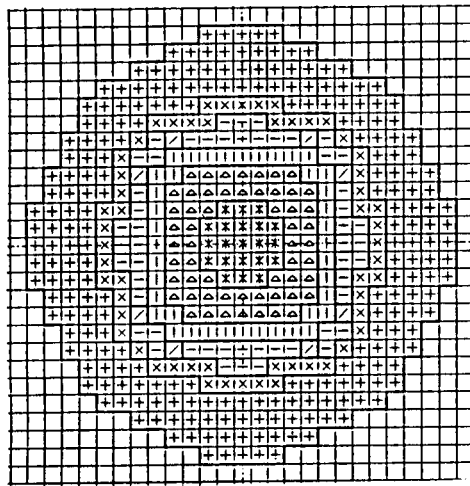


図 1 高転換軽水炉実験のための FCA 体系

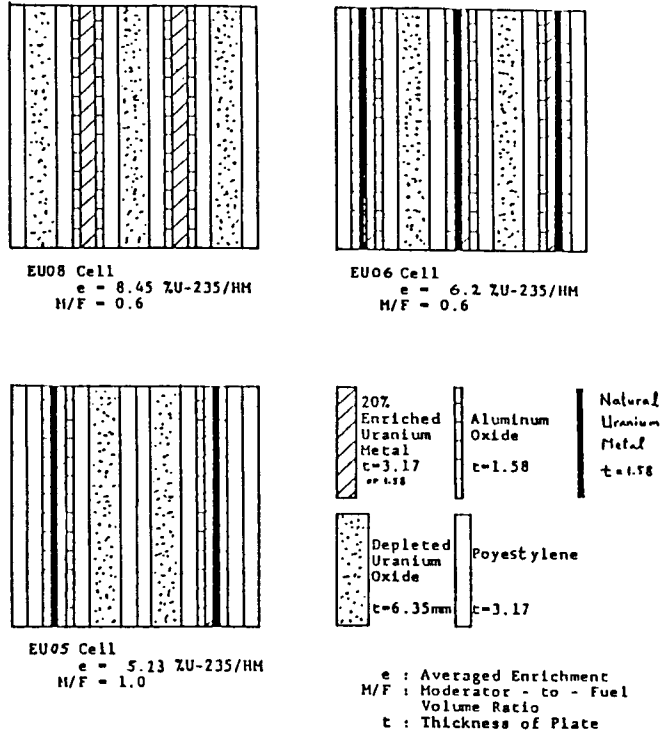


図2 テスト領域の物質板配列

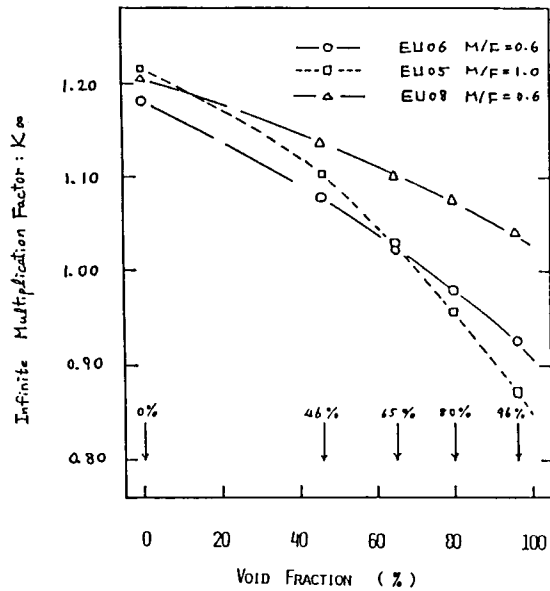


図3 PHASE-I体系の無限増倍率

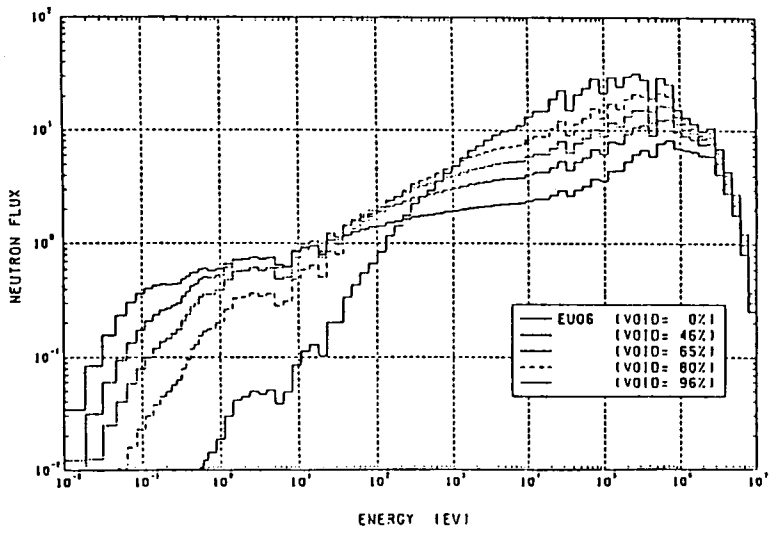


図4 EU06のボイド率と中性子スペクトル