

INFRA Verification by Using the FUMEX-II Database

양용식, 이찬복, 김영민, 김대호, 김선기
대전광역시 유성구 덕진동 150, 한국원자력연구소
yys@kaeri.re.kr

1. FUMEX-II 프로그램

IAEA 주관하에 국제공동과제로 수행되고 있는 FUMEX-II 프로그램은 참가국들이 개발중인 연소도용 핵연료 성능평가코드들을 비교/검증하는데 목적을 두고 있다. IAEA는 참가국들간의 협의를 통해 선정된 약 33 개의 핵연료 성능 시험자료들을 각국에 제공하며, 검증을 수행한 결과는 IAEA에 제출하여 비교/평가를 통해 각 코드의 특성 및 문제점등을 파악하는 과정을 통하여 핵연료 성능평가코드의 검증작업을 수행하게 된다.

현재까지 FUMEX-II에서 선정된 핵연료 성능 시험자료들은 핵분열 기체 방출량 및 잔류량, 핵연료 중심온도, 피복관 크립, 봉내압, PCMI 등 고연소도 핵연료 성능에 큰 영향을 끼치는 인자들을 중심으로 구성되어 있으며 특히 핵분열 기체 방출량 및 핵연료 온도 관련 시험자료가 많이 수록되어 있다.

2. 고연소도 핵연료 성능평가 코드 INFRA

고연소도 핵연료 성능평가 코드 INFRA[1]는 고연소도 핵연료에 적용할 수 있도록 개발된 핵분열 기체 방출모델, 소결체 열전도도 모델[2], 소결체 반경방향 출력 및 연소도 분포 예측 모델[3], rim structure 생성 예측 모델[4] 등 독자적인 모델들을 사용하여 개발된 코드로서 다양한 핵연료 성능 데이터베이스와의 비교를 통해 검증 작업을 수행하였다. 또한 GUI(Graphic User Interface)를 채택하여 코드 입력 작성시에 사용자의 편의성을 높였으며 계산결과 분석의 효율성을 크게 향상시켰다[5].

3. 검증용 데이터베이스

INFRA 코드 검증을 위해 FUMEX-II에서 제공한 데이터베이스 중에서 핵연료 중심 온도 및 핵분열 기체 방출량 측정이 수행된 성능 시험 자료들을 활용하였으며 검증에 사용한 데이터베이스는 다음 같다.

- 핵연료 온도 : IFA-597.3 rod 8, Riso-3 AN3 & AN4
- 핵분열 기체 방출 : IFA-597.3 rod 8, IFA-534.14 rod 18 & 19, HBEP rod BK 365&370

정확한 입력의 작성을 위해 핵연료 제조자료, 원자로운전조건 자료, 축방향 출력변화를 포함한 출력이력등을 검토하였으며 입력작성 후 INFRA에서 계산되는 출력 및 핵연료 피복관 외면 온도등을 데이터베이스의 측정치와 비교하여 입력작성의 정확성을 확인하였다.

4. 결과

그림 1 과 2 에는 INFRA 코드가 예측한 3 개의 시험 핵연료봉 중심 온도와 측정된 핵연료 중심온도가 나타나 있는데 측정된 핵연료 중심 온도를 대체적으로 잘 예측하는 것으로 나타나고 있으며 전체적으로 다소 낮게 평가하는 것으로 나타났다.

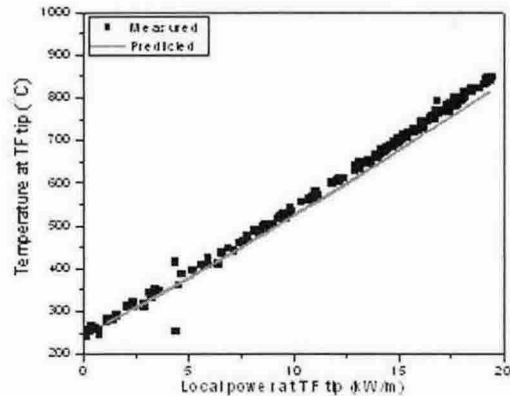


그림4. 핵연료 온도 검증 결과 (IFA-597.3 Rod 8)

핵연료 중심온도의 예측차이는 핵연료 열전도도, 핵연료 반경방향 출력분포, 갭 넓이 및 봉내 가스 조성등의 예측차이에 의해서 발생할 수 있으나 측정된 핵연의 출력이 평균 5%정도의 오차를 포함하고 있으며 측정된 핵연료 중심 온도 또한 오차를 포함하는 것을 고려할 때 비교적 핵연료 온도를 정확히 예측한다고 할 수 있다.

다양한 조사환경 및 제조특성의 핵분열 기체 방출 거동을 잘 예측하는 것으로 나타났다.

6 참고 문헌

- [1] 이찬복 외, “UO2 핵연료봉 성능 분석코드 INFRA 개발”, 2001 한국원자력학회 춘계학술대회 논문집.
- [2] 이찬복 외, “Development of irradiated UO2 thermal conductivity model”, IAEA TCM on Nuclear Fuel Behavior Modelling at High burnup and its experimental Support, Windmere, UK, 2000.
- [3] 이찬복 외, “RAPID model to predict radial burnup distribution in LWR UO2 fuel”, J. Nucl. Mater, vol 282, p196, 2000.
- [4] 양용식 외, “Prediction of HBS width and Xe concentration in grain matrix by the INFRA code”, 2004 Enlarged Halden Project Meeting, Sandjfeord, Norway.
- [5] 양용식 외, “INFRA Graphic User Interface 개발”, 2004 한국원자력학회 춘계학술대회.

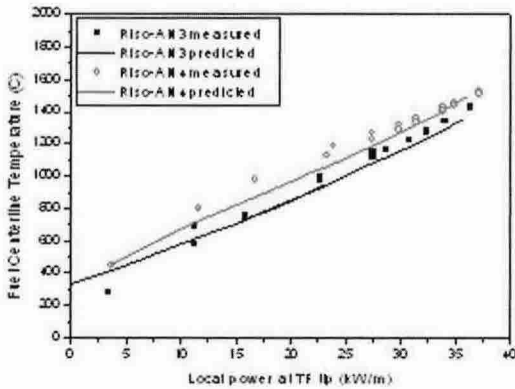


그림5. 핵연료 온도 검증 결과 (Riso - 3)

그림 2 에서 거의 동일한 조성 및 운전 이력을 가진 두 핵연료봉 (AN3, AN4)가 동일한 출력에서 약 200°C의 온도차를 보이는 것은 핵연료 충전기체가 각각 He, Xe 이기 때문이다.

그림 3 에는 INFRA 코드를 통한 핵분열 기체 방출량 예측치와 측정치의 비교가 나타나 있는데 다양한 핵연료 형태 및 시험 조건에서의 핵분열 기체 방출을 INFRA 코드가 잘 예측하는 것으로 나타났다.

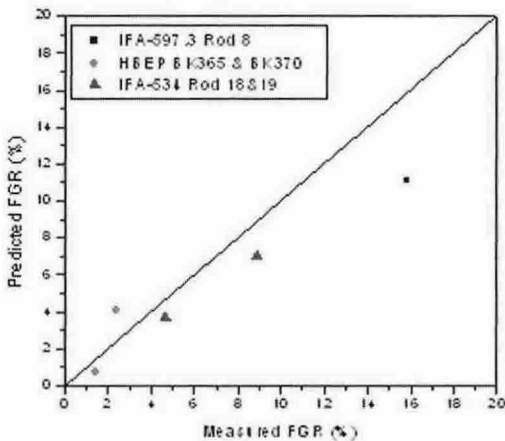


그림6. 핵분열 기체 방출량 예측 결과

5. 결론

고연소도 핵연료 성능평가 코드 INFRA 를 이용하여 FUMEX-II 프로그램에서 제공된 핵연료 성능 데이터베이스를 활용한 핵연료 중심온도 및 핵분열 기체 방출량 예측 검증을 수행하였다.

핵연료 중심온도 예측결과, 측정치에 비해 다소 낮은 예측 온도를 나타내기도 하였지만 전체적으로 핵연료 중심 온도를 잘 예측하는 것으로 나타났다. 핵분열 기체 방출 예측에서는