

2000 추계학술발표회 논문집
한국원자력학회

**WIMS-AECL/(MULTICELL)/RFSP 코드 시스템을 기초로 한
ENDF/B-V와 ENDF/B-VI 라이브러리의 비교평가**

**Comparisons of ENDF/B-V & ENDF/B-VI Libraries
based on the System of WIMS-AECL/(MULTICELL)/RFSP Codes**

류 석진, 홍 인섭, 민 병주, 석 호천
한국원자력연구소
대전시 유성구 덕진동 150

요 약

본 논문은 WIMS-AECL/(MULTICELL)/RFSP 코드 체계와 월성 4호기의 시운전 자료를 이용하여 ENDF/B-V와 ENDF/B-VI 라이브러리를 비교 평가하였다. 본 비교 계산은 임계 보론 농도, 보론 반응도가, AVZL(Average Zone Level) 반응도가, 제어 기구들의 반응도가, 냉각재·감속재 계통의 온도 반응도 계수 및 중성자속 분포 측정에 대하여 실시하였다. 그 결과 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 WIMS-AECL/RFSP 코드의 계산결과는 ENDF/B-V를 이용한 계산값에 비해 AVZL 반응도가 1.5%, 제어장치의 반응도가는 1.3~3.6%, 냉각재 온도 반응도효과는 4~15%, 감속재 온도 반응도 계수는 35% 향상된 결과를 보였다. 따라서 월성 4호기 시운전 자료에 대한 계산에서는 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 WIMS-AECL/RFSP 코드의 계산결과가 ENDF/B-V라이브러리를 이용한 계산결과보다 더 실험치에 가까운 경향을 보인다.

ABSTRACT

This paper analyzed performance of the ENDF/B-V and ENDF/B-VI libraries based on WIMS-AECL/(MULTICELL)/RFSP code system and the Phase-B physics tests at Wolsong unit 4. The post-simulation was calculated for approaching to the criticality, critical boron concentration, boron worth, the worth of AVZL(Average Zone Level), the worth of reactivity control rods, reactivity variation according to heat transport/moderator system temperature, and flux scan. The simulated results with ENDF/B-VI were more consistent than those with ENDF/B-V - in the calculations with ENDF/B-VI, the worth of AVZL was about 1.5%, the worths of reactivity control rods were about 1.3~3.6%, the reactivity variation of heat and moderator transport system were 4~15% and 35%, respectively. In the conclusion, WIMS-AECL/RFSP code system with ENDF/B-VI library was more valid than that of ENDF/B-V library.

1. 서론

천연 우라늄 핵연료를 사용하는 CANDU형 원자로의 노물리 설계 및 해석을 위한 주 격자코드로 POWDERPUFS-V(PPV)[1]가 사용되어 왔으나, 동 코드는 천연우라늄 핵연료에 대한 실험식을 근거로 설계된 코드이기 때문에 고연소도를 목적으로 저농축 또는 순환 우라늄 핵연료의 격자상수 계산에는 이용될 수 없다. 따라서 개량형 저농축 또는 순환 우라늄 CANDU 핵연료의 개발을 위하여 이론식을 근거로 하는 WIMS-AECL 코드[2]의 사용이 제안되었다. 이에 월성 2, 3, 4호기[3][4]노물리 시험 자료를 이용한 WIMS-AECL/(MUTICELL)/RFSP 코드[5] 시스템의 검증 계산이 ENDF/B-V 라이브러리를 이용하여 수행된 바 있으며 공통된 결과로는 보론 반응도가와 흡수봉, 정지봉, 특히 온도 반응도 계수에서 비교적 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이에 본 논문에서는 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 월성 4호기의 시운전 자료 검증계산을 재수행하여 ENDF/B-V 라이브러리와 결과를 비교 분석하였다.

2. WIMS-AECL/RFSP 코드 시스템의 라이브러리

기존의 개량형 중수로용 핵연료의 격자계산을 위해 사용하고 있는 코드는 WIMS-AECL로서 ENDF/B-V 라이브러리를 89그룹으로 축약해서 사용하고 있다. 이에 코드의 타당성 검증을 위해 월성 2, 3, 4호기 시운전 시험에서 수행된 Phase-B 노물리 시험자료[6][7]를 통해 검증계산을 수행하였다. 그 결과 대체적으로 잘 일치하는 경향을 보였으나 강한 흡수체인 흡수봉 및 정지봉과 온도변화에 따른 반응도변화의 계산시 다소 정확도가 떨어지는 경향을 보였다. 이에 WIMS-AECL 및 RFSP를 통한 민감도 계산을 수행하였으나, 정확도를 만족시키기에는 어려움이 있었다. 이를 ENDF/B-VI로 바꾸어 같은 조건하에서 재계산을 수행하고, 그 결과를 통해 라이브러리상의 차이점을 타진하고자 하였다. ENDF/B-VI 라이브러리 또한 89그룹을 계산시간과 정확성을 고려하여 33그룹으로 계산하였으며, 운전조건 또한 같은 조건으로 순수하게 라이브러리만 변경하여 계산을 수행하였다.

3. ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 월성 4호기 Phase-B 노물리 시험 Post-Simulation

월성 4호기 임계 운전조건은 표 1과 같으며 Phase-B 노물리 시험 절차[6]는 다음과 같다.

- 최초 임계 접근
- 보론의 반응도가 측정
- 액체영역제어시스템의 반응도가 측정
- 제어 기구들(조절봉, 흡수봉, 정지봉 및 조절봉 군, 정지봉 군)의 반응도가 측정
- 냉각재 시스템의 온도 반응도가 측정
- 감속재 시스템의 온도 반응도가 측정
- 중성자속 분포 측정

정확도가 다소 떨어지는 부분에 대한 계산만을 하기보다 결과의 전체적인 판단을 위해 초기 시험단계부터 마지막 단계까지 같은 조건으로 모두 수행되었다.

4. 결과 및 논의

월성 4호기에 대하여 ENDF/B-V와 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 WIMS-AECL/RFSP 코드 시스템의 계산결과를 비교하였다. 액체영역 평균수위가 45%일 때 보론 농도를 6ppm에서 11ppm까지 1ppm증가에 대한 노심 반응도 변화를 나타내는 보론 반응도가는 표 2와 같이 ENDF/B-V 라이브러리를 이용한 경우 8.207mk/ppm, ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 경우 8.255mk/ppm을 보였다. 이는 월성에서 계산한 PPV/RFSP의 반응도가 8.288mk/ppm과 비교할 때 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 반응도가의 값이 ENDF/B-V보다 약 0.6% 향상된 결과를 보였다. 임계보론농도 또한 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 계산결과는 ENDF/B-V의 계산결과에 비해 약 0.1ppm의 차이를 줄였다.

WIMS-AECL/RFSP의 액체영역 제어계통의 평균 반응도가는 표 3과 같이 평균 액체영역 수위가 20 ~ 70% 사이일 때 ENDF/B-V와 ENDF/B-VI의 경우 각각 0.07604mk/%와 0.07572mk/%의 결과를 보였고, 20 ~ 80% 사이일 때 각각 0.07313mk/%와 0.07278mk/%의 결과를 보였다. 이 값은 측정치의 결과와 비교할 때 액체영역 수위가 20 ~ 70%, 20 ~ 80% 사이에서 모두 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 결과가 ENDF/B-V를 이용한 결과 보다 약 1.5% 정도 향상된 결과를 보였다.

반응도 제어기구들의 반응도가 계산 결과는 표 4 ~ 표 8에 나타내었다. ENDF/B-V와 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 WIMS-AECL/RFSP의 반응도 제어장치의 계산 결과는 개별 조절봉의 경우 각각 10.733mk와 10.655mk, 조절봉 군의 경우 10.734mk와 10.644mk, 개별 흡수봉의 경우 8.465mk와 8.273mk, 흡수봉 군의 경우 11.487mk와 11.257mk의 결과를 보였으며, 개별 정지봉의 경우 49.114mk와 47.919mk의 결과를 보였다. 전반적으로 반응도 제어장치의 반응도가는 측정치와 비교할 때 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 값이 ENDF/B-V 라이브러리를 이용한 값보다 약 1.3% ~ 3.6% 정도 향상된 결과를 보였다.

냉각재 온도 반응도 계수 측정은 감속재의 온도를 약 35°C로 유지시키고, 냉각재 온도는 35°C ~ 260°C까지 약 15°C씩 증가시키면서 ENDF/B-V와 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용하여 반응도 변화를 계산하였다. 냉각재 온도 반응도 계수는 35°C ~ 170°C 영역에서 측정치의 결과와 비교할 때, 표 9에서 보는 바와 같이 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 값이 ENDF/B-V 라이브러리를 이용한 값보다 약 4% ~ 15% 정도 향상된 결과를 보였으나, 185°C ~ 260°C 영역에서의 냉각재 온도 반응도 계수는 측정치의 결과와 비교할 때 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 값이 ENDF/B-V 라이브러리를 이용한 값보다 약 10% ~ 20% 정도 벗어나는 경향을 보였다. 이는 185°C ~ 260°C 영역에서는 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 냉각재 온도 반응도 계수의 계산값이 ENDF/B-V 라이브러리를 이용한 계산값보다 냉각재 온도에 따른 반응도의 변화가 심하게 나타난 것으로 추정된

다. 또한 감속제 온도 반응도 계수 측정은 냉각재의 온도를 약 260℃로 유지시킨 가운데 감속제의 온도를 75℃ ~ 35℃까지 약 5℃씩 감소시키면서 ENDF/B-V와 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용하여 반응도 변화를 계산하였다. 감속제 온도 반응도 계수는 표 10에서 보는 바와 같이 전반적으로 감속제 전 온도 구간에 대해 측정치의 결과와 비교할 때 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 값이 ENDF/B-V 라이브러리를 이용한 값보다 약 35% 정도 향상된 결과를 보였다.

마지막으로 노물리 시험동안에 계측기의 성능시험 및 노심상태에 따른 열중성자속의 분포 측정을 위해 수행하는 중성자속 분포 측정은 다음 5가지의 경우에 대하여 ENDF/B-V와 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용하여 수평, 수직 중성자속의 분포 측정을 하였다.

- Case # 1 : 정상상태 (ADJ All In, MCA All Out)
- Case # 2 : 흡수봉군 #1 50% 삽입 (ADJ All In)
- Case # 3 : 모든 흡수봉, 모든 조절봉 삽입
- Case # 4 : 조절봉군 #1~#4 인출 (MCA All Out)
- Case # 5 : 모든 조절봉군 #1~#7 인출 (MCA All Out)

이때 측정되는 검출기는 핵분열 검출기이며, Post-Simulation 계산시에는 RFSP 코드내의 INTREP 모듈을 이용하여 위치별 중성자속을 계산하였다. 본 연구에서는 그림 1 ~ 그림 2에서 보는 바와 같이 Case # 5에 한에서만 ENDF/B-V와 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 수평 및 수직 중성자속을 나타내었다. 그 결과 ENDF/B-VI는 ENDF/B-V 라이브러리를 이용한 중성자속보다 잘 일치하는 경향을 보였다.

5. 결론

월성 4호기 노물리 시험자료에 대하여 ENDF/B-V와 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 WIMS-AECL/(MULTICELL)/RFSP 코드 시스템의 계산결과를 비교하였다. WIMS-AECL/RFSP 결과 제어기구의 반응도가 및 온도 반응도 계수 측정에 기준이 되는 액체영역 제어장치의 반응도가는 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 검증계산 결과가 ENDF/B-V 라이브러리를 이용한 검증계산 결과보다 측정값에 약 1.5% 정도 근접된 결과를 보였다. 그리고 조절봉, 흡수봉, 정지봉의 개별 및 군별 반응도 제어기구들의 반응도가는 측정값과 비교해 볼 때 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 검증계산 결과값이 ENDF/B-V 라이브러리를 이용한 검증계산 결과값보다 약 1.3% ~ 3.6% 정도 향상된 결과를 보였다. 또한 냉각재 온도 반응도 계수 측정의 경우 ENDF/B-V와 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용하여 반응도 변화를 측정치의 결과값과 비교할 때 185℃ ~ 260℃ 영역을 제외한 나머지 온도 영역에서 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 값이 ENDF/B-V 라이브러리를 이용한 값보다 약 10% 내외의 향상된 결과를 보였다. 감속제 온도 반응도 계수는 전반적으로 감속제 전 온도 구간에 대해 측정치의 결과와 비교할 때 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 계산값이 ENDF/B-V

라이브러리를 이용한 계산값보다 약 35% 정도 향상된 결과를 보였다. 앞서 모든 결과를 종합하여 볼 때 ENDF/B-VI 라이브러리를 이용한 WIMS-AECL/RFSP 검증계산이 ENDF/B-V를 이용한 계산결과보다 잘 일치하는 경향을 보였다.

후기

본 논문은 과학기술부의 원자력 중장기 연구개발 사업의 일환으로 수행되었다.

참고 문헌

1. B. Rouben, "Overview of Current RFSP-Code Capabilities for CANDU Core Analysis", AECL Report, AECL-11402, 1996
2. J.V. Donnelly, "WIMS-CRNL: A User's Manual for the Chalk River Version of WIMS", AECL Report, AECL-8955, 1986
3. I.S. Hong, C.H. Kim, B.J. Min, H.C. Suk and B.G. Kim, "Validation of WIMS-AECL With ENDF/B-F Against Phase-B Reactor Physics Tests at Wolsong Units 2 and 3", Proceedings of the 6th International Conference on CANDU Fuel, Vol 1, pp.40-51, September 26-30, Niagara, CANADA, 1999
4. 류석진, 홍인섭, 민병주, 석호천, "월성 3, 4호기 노물리 시험자료를 이용한 WIMS-AECL/(MULTICELL)/RFSP 코드 시스템의 계산성능 검증", KAERI/TR-1622/2000, KAERI, 2000
5. A.R. Dustur and D.B. Buss, "MULTICELL - A 3-D Program of the Simulation of Reactivity Devices in CANDU Reactors", AECL Report, AECL-7544, 1983
6. 김승민, "월성 2호기 노심관리 시운전 시험 Physics Post Simulation", 월성원자력발전소, 1997.
7. 박상철, "월성 4호기 원자로 동특성 시험", 월성원자력발전소, 1999.

표 1. 월성 4호기의 임계 운전조건

액체영역평균수위 % (AVZL)	15.75
MCA#4 (%) 삽입	44.55
냉각재 온도(℃ / °K)	34.3625 / 307.5225
감속재 온도(℃ / °K)	34.03 / 307.19
냉각재 순도(a%/ w%)	99.19 / 99.27
감속재 순도(a%/ w%)	99.81 / 99.82897
임계 출력	10E-11 FP
임계 보론 농도 (ppm)	9.237

표 2. 보론 반응도가와 임계보론농도의 비교

		ENDF/B-V	ENDF/B-VI
Boron Reactivity Worth (mk/ppm)	WIMS-AECL/RFSP	8.207	8.255
	PPV/RFSP	8.288	
Boron Reactivity Worth Difference* (%)		-0.98	-0.40
Critical Boron Concentration (ppm)	WIMS-AECL/RFSP	8.334	8.415
	Measurement	9.237	
Critical Boron Concentration Difference* (%)		-9.8	-8.9

※ Difference = ((WIMS-AECL/RFSP — Measurement) / Measurement) × 100

표 3. 액체영역 수위변화에 따른 반응도와의 비교

AVZL	ENDF/B-V			ENDF/B-VI		
	WIMS-AECL (mk/%)	Measure (mk/%)	차이 (%)	WIMS-AECL (mk/%)	Measure (mk/%)	차이 (%)
20% ~ 70%	0.07604	0.06745	12.72	0.07572	0.06785	11.26
20% ~ 80%	0.07313	0.06430	13.73	0.07278	0.06468	12.33

표 4. 조절봉의 개별 반응도가

Number	ENDF/B-V			ENDF/B-VI		
	WIMS-AECL	MEASURE	차이(%)	WIMS-AECL	MEASURE	차이(%)
ADJ #1	0.230	0.197	16.60	0.224	0.198	12.91
ADJ #2	0.564	0.516	9.34	0.548	0.519	5.63
ADJ #3	0.696	0.680	2.30	0.674	0.684	-1.50
ADJ #4	0.356	0.376	-5.24	0.345	0.378	-8.69
ADJ #5	0.688	0.686	0.26	0.678	0.690	-1.77
ADJ #6	0.558	0.552	1.03	0.550	0.555	-0.99
ADJ #7	0.228	0.225	1.15	0.224	0.227	-1.20
ADJ #8	0.266	0.236	12.91	0.261	0.237	10.15
ADJ #9	0.710	0.628	12.98	0.697	0.632	10.28
ADJ #10	0.908	0.844	7.52	0.894	0.849	5.26
ADJ #11	0.493	0.517	-4.70	0.488	0.520	-6.21
ADJ #12	0.910	0.874	4.09	0.892	0.879	1.45
ADJ #13	0.704	0.687	2.54	0.695	0.690	0.65
ADJ #14	0.263	0.260	1.11	0.260	0.262	-0.62
ADJ #15	0.226	0.203	11.31	0.223	0.204	9.20
ADJ #16	0.559	0.499	12.00	0.545	0.502	8.57
ADJ #17	0.688	0.662	3.92	0.672	0.666	0.92
ADJ #18	0.358	0.366	-2.26	0.352	0.368	-4.45
ADJ #19	0.691	0.684	0.98	0.673	0.688	-2.22
ADJ #20	0.554	0.559	-0.87	0.541	0.562	-3.75
ADJ #21	0.226	0.224	0.82	0.219	0.225	-2.86
Total	10.733	10.478	2.44	10.655	10.538	1.11

※ 액체영역평균수위 : 40% AVZL

표 5. 조절봉군의 반응도가

Number	ENDF/B-V			ENDF/B-VI		
	WIMS-AECL	MEASURE	차이(%)	WIMS-AECL	MEASURE	차이(%)
ADJ_B #1	1.368	1.316	3.97	1.368	1.323	3.37
ADJ_B #2	1.408	1.379	2.08	1.401	1.387	0.99
ADJ_B #3	1.412	1.389	1.64	1.398	1.397	0.05
ADJ_B #4	1.977	1.788	10.55	1.968	1.799	9.42
ADJ_B #5	1.345	1.301	3.37	1.328	1.309	1.48
ADJ_B #6	1.345	1.334	0.80	1.325	1.342	-1.26
ADJ_B #7	1.879	1.799	4.42	1.856	1.810	2.55
Total	10.734	10.307	4.14	10.644	10.367	2.67

※ 액체영역평균수위 : 50% AVZL

표 6. 흡수봉의 개별 반응도가

Number	ENDF/B-V			ENDF/B-VI		
	WIMS-AECL	MEASURE	차이(%)	WIMS-AECL	MEASURE	차이(%)
MCA #1	2.124	1.744	21.80	2.074	1.754	18.26
MCA #2	2.112	1.871	12.87	2.064	1.882	9.68
MCA #3	2.122	1.712	23.92	2.076	1.722	20.54
MCA #4	2.107	1.863	13.12	2.059	1.873	9.91
Total	8.465	7.190	17.74	8.273	7.231	14.41

표 7. 흡수봉군의 반응도가

Number	ENDF/B-V			ENDF/B-VI		
	WIMS-AECL	MEASURE	차이(%)	WIMS-AECL	MEASURE	차이(%)
MCA_B #1	5.741	4.613	24.46	5.626	4.639	21.27
MCA_B #2	5.746	4.506	27.51	5.631	4.532	24.24
Total	11.487	9.119	25.97	11.257	9.172	22.74

표 8. 정지봉의 개별 반응도가

Number	ENDF/B-V			ENDF/B-VI		
	WIMS-AECL	MEASURE	차이(%)	WIMS-AECL	MEASURE	차이(%)
SOR #1	1.301	1.143	13.79	1.276	1.150	10.96
SOR #2	1.620	1.485	9.07	1.584	1.494	6.04
SOR #3	1.617	1.486	8.83	1.581	1.494	5.80
SOR #4	1.297	1.202	7.92	1.268	1.209	4.90
SOR #5	1.009	0.827	22.05	0.989	0.831	18.95
SOR #6	2.208	1.788	23.49	2.158	1.798	20.00
SOR #7	2.200	1.807	21.74	2.149	1.818	18.24
SOR #8	0.998	0.884	12.89	0.975	0.889	9.66
SOR #9	1.565	1.133	38.07	1.526	1.140	33.86
SOR #10	2.546	2.080	22.41	2.475	2.092	18.32
SOR #11	2.613	2.223	17.56	2.542	2.235	13.71
SOR #12	2.531	2.209	14.60	2.465	2.221	10.97
SOR #13	1.550	1.303	18.99	1.512	1.310	15.40
SOR #14	1.534	1.182	29.78	1.496	1.189	25.84
SOR #15	1.521	1.342	13.33	1.480	1.350	9.65
SOR #16	1.567	1.135	38.02	1.522	1.142	33.29
SOR #17	2.543	2.057	23.65	2.476	2.069	19.70
SOR #18	2.606	2.218	17.48	2.536	2.231	13.67
SOR #19	2.529	2.189	15.53	2.464	2.202	11.92
SOR #20	1.550	1.286	20.54	1.509	1.293	16.68
SOR #21	1.006	0.796	26.35	0.985	0.801	23.01
SOR #22	2.204	1.686	30.73	2.148	1.696	26.68
SOR #23	2.195	1.773	23.81	2.144	1.783	20.24
SOR #24	0.996	0.871	14.37	0.972	0.876	10.98
SOR #25	1.301	1.130	15.13	1.269	1.137	11.65
SOR #26	1.609	1.431	12.47	1.578	1.439	9.67
SOR #27	1.611	1.472	9.41	1.579	1.481	6.62
SOR #28	1.287	1.200	7.22	1.261	1.207	4.45
Total	49.114	41.338	18.81	47.919	41.576	15.26

표 9. 냉각재 계통 온도변화에 따른 반응도 변화

Temperature	ENDF/B-V			ENDF/B-VI		
	WIMS-AECL	MEASURE	차이(%)	WIMS-AECL	MEASURE	차이(%)
35.06	-	-	-	-	-	-
50.01	-0.866	-1.081	-19.92	-0.841	-1.088	-22.67
65.09	-0.805	-0.524	53.52	-0.770	-0.527	46.01
79.98	-0.798	-0.669	19.27	-0.776	-0.673	15.32
95.03	-0.763	-0.867	-11.96	-0.725	-0.660	9.91
110.01	-0.673	-0.561	20.01	-0.631	-0.564	11.88
124.98	-0.622	-0.505	23.06	-0.562	-0.508	10.56
140.00	-0.671	-0.629	6.71	-0.650	-0.632	2.78
154.96	-0.631	-0.864	-26.94	-0.648	-0.555	16.81
169.98	-0.494	-0.428	15.36	-0.436	-0.431	1.23
185.03	-0.645	-0.664	-2.90	-0.408	-0.474	-13.84
200.04	-0.439	-0.403	8.82	-0.326	-0.406	-19.65
215.75	-0.384	-0.353	8.80	-0.268	-0.355	-24.50
230.04	-0.335	-0.321	4.32	-0.252	-0.323	-21.97
245.00	-0.259	-0.246	5.30	-0.198	-0.247	-19.96
260.07	-0.194	-0.155	25.49	-0.089	-0.155	-42.76

※ 감속재 온도 : 35℃ ± 1℃

표 10. 감속재 온도변화에 따른 반응도 변화

Temperature	ENDF/B-V			ENDF/B-VI		
	WIMS-AECL	MEASURE	차이(%)	WIMS-AECL	MEASURE	차이(%)
74.00	-	-	-	-	-	-
69.86	-0.055	-0.241	-77.19	-0.134	-0.242	-44.73
65.81	-0.064	-0.190	-66.24	-0.140	-0.191	-26.58
59.29	-0.130	-0.291	-55.30	-0.193	-0.293	-34.02
55.77	-0.069	-0.230	-70.05	-0.148	-0.232	-36.13
49.93	-0.149	-0.309	-51.84	-0.253	-0.311	-18.69
45.12	-0.138	-0.371	-62.77	-0.235	-0.373	-36.96
39.89	-0.147	-0.286	-48.53	-0.258	-0.287	-10.19
35.00	-0.151	-0.280	-45.98	-0.261	-0.281	-7.17

※ 냉각재 온도 : 260℃ ± 1℃

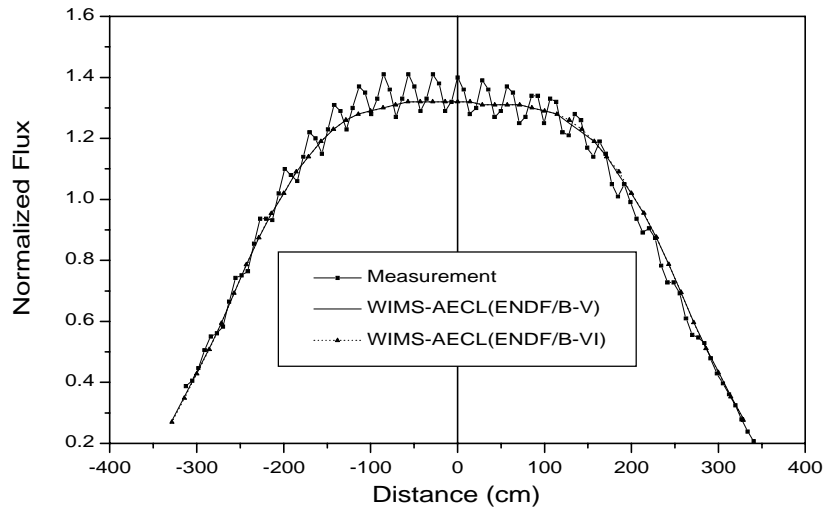


그림 1. 수평 중성자 분포 (CASE #5)

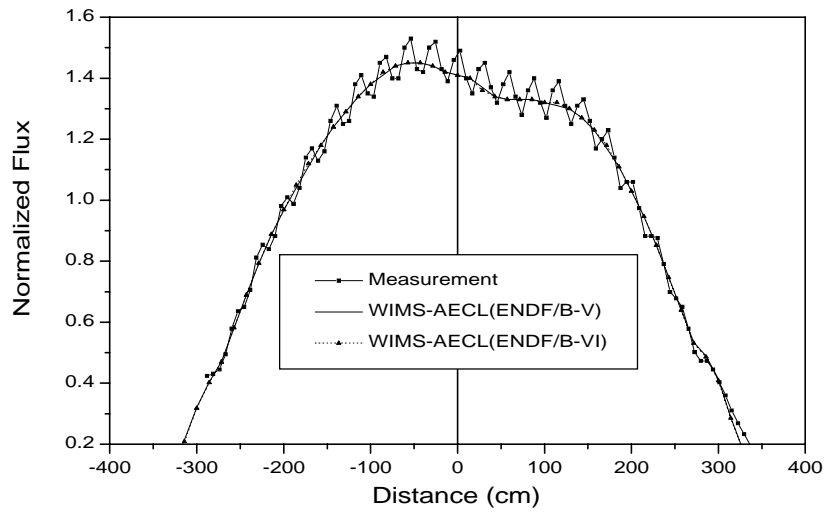


그림 2. 수직 중성자 분포 (CASE#5)