

## SCALE4.3 CSAS6 모듈의 검증계산 및 활용

### Benchmark Calculation and Application of SCALE4.3 CSAS6 Module

신희성, 배강목, 구대서, 노성기, 김익수, 신영준  
한국원자력연구소

#### 요 약

SCALE4.3 CSAS6 모듈의 검증계산을 수행하여 PWR 사용후핵연료, 금속저장체 및 용액 상태 핵물질에 대한 계산편차를 각각 0.01100, 0.02650 및 0.00997로 결정하였다. 이 코드시스템을 활용하여 캐니스터벽의 두께, 캐니스터간의 간격 및 수분농도를 변화시키면서 무한배열된 사각 및 육각 캐니스터의 금속저장체에 대한 연소도 고려 핵임계도 분석을 수행하였다. 이 핵임계도 분석결과로부터 캐니스터벽의 두께가 9 mm 이상이면 사각 및 육각 캐니스터의 금속저장체는 외부조건에 관계없이 미임계 상태를 유지할 것으로 믿어진다. 또한 무한배열된 사용후핵연료 집합체의 안전저장을 위한 최소연소도는 초기농축도가 5.0 wt%인 경우, 5600 MWD/MTU로 추정되었다.

#### ABSTRACT

Calculation biases of SCALE4.3 CSAS6 module for PWR spent fuel, metallized spent fuel and solution of nuclear materials have been determined on the basis of the benchmark to be 0.01100, 0.02650 and 0.00997, respectively. With the aid of the code system, burnup credit criticality analysis has been performed for infinite arrays of square and hexagonal canisters containing metallized spent fuel rods with changing canister wall thickness, canister surface-to-surface distance and water concentration. The results show that canister arrays, above 9 mm thickness of canister wall, are believed to be below the subcritical limit regardless of external conditions. Besides, the minimum burnup required for safe storage under the infinite array of spent fuel assemblies is estimated to be 5600 MWD/MTU in the case of 5.0 wt% initial enrichment.

#### 1. 서론

SCALE4.3 (Modular Code System for Performing Standardized Computer Analysis for Licensing Evaluation)[1]은 핵물질 취급시설 및 장치의 인·허가에 필요한 핵임계 안전

해석, 차폐해석 및 열해석을 수행하기 위한 표준화 코드시스템이다. 책임계 안전해석을 일괄적으로 수행할 수 있는 모듈로는 CSAS2(Criticality Safety Analysis Sequences)와 CSAS6가 있다. CSAS2 모듈[1]은 다양한 모델에 대해 검증된 바 있지만, KENO-Va[1]와 ENDF/B-IV로부터 생산된 27 군 핵단면적 라이브러리를 사용하는 구 버전이다. KENO-VI와 ENDF/B-V, VI로부터 생산된 44 군 핵단면적 라이브러리를 사용하는 CSAS6 모듈[1]은 1997년도에 공개된 SCALE4.3 버전에 처음 포함되었기 때문에 이에 대한 검증계산 결과가 많지 않다. 따라서 본 연구에서는 신핵연료, MOX 핵연료, 금속핵연료 및 용액상태 핵물질의 책임계 실험자료를 기준으로 SCALE4.3 CSAS6 모듈의 검증계산을 수행하였다. 또한 이 코드시스템의 활용 가능성을 시험하기 위하여 무한배열된 사용후핵연료 금속저장체 및 사용후핵연료 집합체에 대한 책임계 안전해석을 수행하였다.

## 2. CSAS6 모듈의 특성

SCALE4.3의 CSAS6 모듈은 BONAMI-NITWAL\_II-(XSDRNPM)-KENO\_VI 코드를 연속적으로 수행하는 책임계 안전해석용 계산모듈이다. CSAS6 모듈은 ENDF/B-V, VI로부터 생산된 238 군 핵단면적 라이브러리를 군축약한 44 군 핵단면적 라이브러리를 사용한다. 핵단면적 처리방법에 따라서 CSAS26과 CAS26x로 나눌 수 있다. CAS26에서는 BONAMI와 NITAWL을 이용하여 공명영역의 핵단면적을 처리한다. CAS26x에서는 추가적으로 XSDRNPM을 이용하여 가중된 핵단면적을 생산한다.

BONAMI는 AMPX 형식의 라이브러리에 대하여 bondarenko 방법으로 공명영역의 자기차폐를 계산하고 AMPX 형식의 라이브러리를 재생산한다. 특히 NITAWL-II 이전 버전에서 수행했던 미분해 공명영역에 대한 처리를 효과적으로 수행한다. NITAWL-II는 AMPX 시스템의 NITAWL에서 출발해서 초기 버전 SCALE의 NITAWL-S를 거쳐서 현재의 NITAWL-II로 발전했다. NITAWL-II에서는 Nordheim 방법에 의해서 공명영역의 자기차폐를 계산한다. 또한 AMPX 형식의 라이브러리를 입력하여 계산코드에 사용 가능한 라이브러리로 변형시키는 역할을 한다. XSDRNPM은 SN 방법으로 일차원 쉘계산을 수행하여 주어진 조건하에서 얻은 에너지 스펙트럼으로 가중된 핵단면적을 생산한다. KENO-VI는 책임계도값을 계산하기 위한 3차원 다군 몬테카를로 방법을 사용하는 코드다. KENO-Va와 달리 단순화된 데이터 입력문을 사용하고 에너지 그룹에 따른 라이브러리를 슈퍼그룹으로 만들어 사용한다. 즉 에너지별로 데이터를 슈퍼그룹으로 나누고 필요할 때마다 메모리에서 꺼내어 사용할 수 있도록 하는 방법으로 소형 컴퓨터에서도 SCALE을 사용할 수 있도록 한다. 또한 기하학적인 모사에서 2차원함수를 사용할 수가 있어 다양한 기하학적 구조를 모사할 수 있다.

## 3. 검증계산

### 3.1 검증계산용 책임계 실험자료 선정

SF 차세대관리공정개발과제에서는 금속전환장치 및 사용후핵연료 금속저장체의 책임계 안전해석에 목적을 두고 연소도 고려 책임계도 분석에 대한 연구를 수행하고 있다. 이들 시설 및 장치에 대한 책임계 안전성 평가를 위해서는 SCALE4.3의 CSAS6 모듈을 각각의 상태와 유사한 책임계 실험자료를 기준으로 검증해야 한다. 이 조건에 부합하여 CSAS2 모듈의 검증자료 중에서 발취한 실험자료와 추가로 입수한 책임계 실험자료를 사용하여 검증계산을 수행하였다[2-5].

검증계산에 사용된 핵임계 실험자료에 대한 자세한 내용은 표 1에 제시하였다. 사용 후핵연료 취급시설의 핵임계 안전해석을 위한 CSAS6 모듈의 검증에 적합한 핵임계 실험 자료는 격자배열 형태이고 핵물질 구성성분이 사용후핵연료와 유사해야 한다. 표 1에서 볼 수 있듯이 격자배열 형태의 신핵연료 핵임계 실험자료로는 31 개가 확보되었다. 또한 15 개 MOX 핵연료의 초기노심 실험자료를 검증계산자료로 선정하였다. 이 MOX 핵연료에는 플루토늄과  $^{241}\text{Am}$ 이 포함되어 있기 때문에 구성성분 관점에서는 신핵연료 실험자료에 비해 사용후핵연료와 보다 유사한 편이다. 금속과 용액상태의 핵물질 실험자료 중에는 저농축도의 실험자료가 매우 드문 편이며, 표 1에 제시된 바와 같이 각각 10 개 및 15 개의 실험자료가 검증계산에 사용되었다.

### 3.2 검증계산 결과분석

신핵연료, MOX 핵연료, 금속핵연료 및 용액상태 핵물질로 구성된 핵임계 실험자료를 대상으로 수행한 CSAS6 모듈의 검증계산 결과를 표 1에 제시하였다. 실험값에 대한 계산값의 차이와 표준편차를 구한 후, 이를 기준으로 각 핵물질계 별로 95/95 신뢰도를 갖는 계산편차를 결정하여 표 1의 아래부분에 제시하였다[6]. MOX 핵연료 경우의 계산편차는 매우 적은 0.00683으로 나타났고, 신핵연료와 용액상태 핵물질은 각각 0.01100 및 0.00997로 나타났다. 그러나 금속핵연료의 경우는 계산편차가 상대적으로 매우 큰 0.02650로 나타났다. 이는 실험자료수가 적은 영향도 있지만 표 1의 CAA01과 CAA04에서 핵임계도 계산값이 매우 적게 나타난 것이 주요한 원인이다. 두 경우에 대한 KENO-Va로 계산결과도 이와 비슷한 값을 보였기 때문에[4], 본 연구의 계산방법에는 별 문제가 없는 것으로 판단되지만 추후에 이에 대한 심층분석이 있어야 할 것이다. 사용후핵연료 취급시설, 금속저장체 저장시설 및 용액상태 핵물질 취급장치에 대한 계산편차를 보수적인 관점에서 각각 0.01100, 0.02650 및 0.00997로 결정하였다. 따라서 최대허용 핵임계값은 각각 0.9390, 0.9235 및 0.94000이다[6].

## 4. SCALE4.3 CSAS6 모듈의 활용

앞에서 검증된 SCALE4.3 CSAS6 모듈을 활용하여 그림 1과 2에 제시된 두 가지 형태의 사용후핵연료 금속저장체와 그림 3에 제시된 사용후핵연료 집합체에 대한 연소도 고려 핵임계도 분석을 수행하였다. 사용후핵연료 구성핵종의 핵종량은 ORIGEN2 코드로 계산하였다. ORIGEN2의 계산값에 수정인자를 곱하여 보수적인 핵종량을 구하고, 이를 핵임계도 계산에 사용하였다[7].

금속저장체의 캐니스터 내에는 포화수증기가 채워져 있고 금속봉에는 악티나이드 핵종만 포함된 것으로 가정하였다. 또한 금속저장체가 저장시설내에 x-y 방향으로 무한배열된 것으로 가정하였다. 핵임계도에 영향을 주는 변수는 캐니스터의 두께, 간격 및 캐니스터 사이의 수분농도이다. 각 변수의 변화에 따른 핵임계도 계산을 수행하여 핵임계도의 최대값을 찾았다. 그림 4와 5에서 볼 수 있듯이 캐니스터의 두께가 8 mm인 경우에는 사각 및 육각 캐니스터 금속저장체 모두 최대허용핵임계도값인 0.9235를 초과하기 때문에 핵임계 안전성을 보장받을 수 없다. 캐니스터의 두께가 9 mm인 사각 캐니스터의 금속저장체는 최대핵임계도값이  $0.91028 \pm 0.00202$ 로서 캐니스터간의 간격과 수분농도가 각각 50 mm와 0.40 g/mL인 경우에 나타났다. 또한 캐니스터의 두께가 9 mm인 육각 캐니스터의 금속저장체는 최대핵임계도값은  $0.91609 \pm 0.00181$ 로서 캐니스터 간의 간격과 수분농도가 각각 40 mm와 0.50 g/mL인 경우에 나타났다. 그림 4와 5에서 알 수 있

듯이 이들 두 경우 모두 최대허용핵임계도값보다 적기 때문에 사각 및 육각 캐니스터의 금속저장체는 모두 9 mm 이상 두께의 캐니스터를 사용하면 모든 외부조건하에서 미임계 상태를 유지할 수 있음을 알 수 있다.

그림 3에 제시된 바와 같은 가압경수로의 사용후핵연료 집합체가 x-y 방향으로 무한 배열되었다고 가정하고 초기농축도가 4.20 wt%, 5.00 wt% 및 5.5 wt%인 경우에 대해서 연소도를 변화시키면서 핵임계도값을 계산하였다. 계산결과를 최대허용핵임계도값과 비교하여 그림 6에 제시하였다. 이 그림에서 알 수 있듯이 초기농축도가 5.0 wt%인 경우에 최대허용핵임계도값 이하를 유지할 수 있는 연소도는 5600 MWD/MTU이다. 이 값은 Holtec에서 제시한 4490 MWD/MTU 보다 약간 큰 값으로 본 연구의 핵임계 안전해석 방법이 보수적이라는 것을 보여 준다.

## 5. 결론

SCALE4.3 CSAS6 모듈의 검증계산을 통하여 사용후핵연료, 금속핵연료 및 용액상태 핵물질에 대한 연소도 고려 핵임계 안전해석에 활용될 수 있음을 확인하였다. 계산편차가 크게 나타난 금속핵연료의 경우에는 계산편차를 줄이기 위한 방안이 모색되어야 할 것이다. 또한 계산값이 실험값에 비하여 크게 저평가된 CAA01과 CAA04에 대한 핵임계도 실험 및 계산방법에 대한 정밀한 검토가 있어야 할 것이다. 사용후핵연료 구성핵종이 다수 포함된 핵임계 실험자료를 확보하고 이를 기준으로 SCALE4.3 CSAS6 모듈의 검증계산을 수행하여 좀더 신뢰도가 높은 연소도 고려 핵임계 안전해석이 되도록 해야 할 것이다.

본연구는 과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 SF 차세대관리공정개발과제에서 수행한 것임.

## 참 고 문 헌

1. SCALE: A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analyses for Licensing Evaluation, NUREG/CR-0200, Rev.5(ORNL/NUREG/CSD-2/R5), Vols. 1, 2, and 3, Oak Ridge National Laboratory (1997).
2. M. D. DeHart and S. M. Bowman, "Analysis of Fresh Fuel Critical Experiments Appropriate for Burnup Credit Validation," ORNL-TM-12959, Oak Ridge National Laboratory (1995).
3. Md. Muslehuddin SARKER, Makoto TAKANO, Fumihiro MASUKAWA and Yoshitaka NAITO, "Effects of Neutron Data Libraries and Criticality Codes on IAEA Criticality Benchmark Problems," JAERI-M-93-203, Japan Atomic Energy Research Institute (1993).
4. W. C. Jordan, "Validation of SCALE4.0-CSAS25 Module and the 27-Group ENDF/B-IV Cross-Section Library for Low-Enriched Uranium Systems," ORNL/CSD/TM--287, Oak Ridge National Laboratory (1993).
5. Nuclear Science Committee, "International Handbook of Evaluated Criticality Safety Benchmark Experiments," NEA/NSC/DOC(95)03/II vol. II, OECD/NEA(1995).
6. S. G. Ro, "Development of Advanced Spent Fuel Management Process," KAERI/TR-994/98, KAERI (1998).
7. H. S. Shin, Y. J. Shin and S. G. Ro, "Application of Burnup Credit for Spent Fuel Management in the Republic of Korea," IAEA-TECDOC-1013, p63-68, IAEA (1998).

Table 1. Benchmark Calculation Results of SCALE4.3 CSAS6 Module

No.	Material Form	Case Name [Ref.]	Geometry	Enrichment (wt% <sup>235</sup> U)	Experiment		Calculation		$\Delta k_{eff}$	$\Delta \rho_{k}$
					$k_{eff}$	$\Delta k_{eff}$	$k_{eff}$	$\Delta k_{eff}$		
1	UO <sub>2</sub>	BAW1231A [2]	Square Array	4.02	1.0000 <sub>i</sub>	0.0000	0.99765	0.00175	-0.00235	0.00175
2	"	BAW1231B [2]	"	4.02	"	"	0.99612	0.00138	-0.00388	0.00138
3	"	BNW1810A [2]	"	4.02	"	"	0.99887	0.00135	-0.00113	0.00135
4	"	BNW1810B [2]	"	4.02 (4wt% Gd)	"	"	0.99715	0.00154	-0.00285	0.00154
5	"	BNW1810C [2]	"	4.02 (4wt% Gd)	"	"	0.99779	0.00152	-0.00221	0.00152
6	"	P2615X14 [2]	"	4.31	"	"	0.99652	0.00159	-0.00348	0.00159
7	"	P2615X23 [2]	"	4.31	"	"	0.99771	0.00163	-0.00229	0.00163
8	"	P2615X31 [2]	"	4.31	"	"	0.99827	0.00172	-0.00173	0.00172
9	"	P2827L2B [2]	"	4.31	"	"	1.00929	0.00092	0.00029	0.00092
10	"	P2827U2B [2]	"	4.31	"	"	0.99878	0.00095	-0.00122	0.00095
11	"	P3314A [2]	"	4.31	"	"	1.00554	0.00177	0.00554	0.00177
12	"	P3314B [2]	"	4.31	"	"	1.01018	0.00152	0.01018	0.00152
13	"	P3602B4 [2]	"	4.31	"	"	1.00146	0.00193	0.00146	0.00193
14	"	P3602C4 [2]	"	4.31	"	"	0.99097	0.00132	-0.00903	0.00132
15	"	P3602NON [2]	"	4.31	"	"	1.00070	0.00161	0.00070	0.00161
16	"	P3602S4 [2]	"	4.31	"	"	1.00173	0.00158	0.00173	0.00158
17	"	P3926L4A [2]	"	4.31	"	"	1.00926	0.00175	0.00926	0.00175
18	"	P3926NOB [2]	"	4.31	"	"	0.99934	0.00163	-0.00066	0.00163
19	"	FT214R [2]	"	4.31	"	"	0.99937	0.00177	-0.00063	0.00177
20	"	FT214V3 [2]	"	4.31	"	"	0.99913	0.00142	-0.00087	0.00142
21	"	P4267A [2]	"	4.31	"	"	0.99794	0.00127	-0.00206	0.00127
22	"	P4267B [2]	"	4.31	"	"	1.00100	0.00154	0.00100	0.00154
23	"	P4267C [2]	"	4.31	"	"	0.99698	0.00131	-0.00302	0.00131
24	"	P4267D [2]	"	4.31	"	"	0.99315	0.00154	-0.00685	0.00154
25	"	ANS33BB2 [2]	"	4.742	"	"	1.00730	0.00113	0.00730	0.00113
26	"	ANS33BH2 [2]	"	4.742	"	"	1.01209	0.00130	0.01209	0.00130
27	"	ANS33BP2 [2]	"	4.742	"	"	0.99683	0.00136	-0.00317	0.00136
28	"	ANS33H2 [2]	"	4.742	"	"	0.99973	0.00155	-0.00027	0.00155
29	"	SAXU56 [2]	"	5.742	"	"	0.99783	0.00241	-0.00217	0.00241
30	"	SAXU792 [2]	"	5.742	"	"	0.99744	0.00194	-0.00256	0.00194
31	"	WCAP3269B [2]	"	5.742	"	"	1.00127	0.00155	0.00127	0.00155
32	MOX	EPRI70B [2]	"	UO <sub>2</sub> -98, PuO <sub>2</sub> -2	1.0000 <sub>i</sub>	0.0000	1.00321	0.00157	0.00321	0.00157
33	"	EPRI70UN [2]	"	<sup>235</sup> U-0.711 +	"	"	0.99988	0.00127	-0.00012	0.00127
34	"	EPRI87B [2]	"	<sup>239</sup> Pu -91.835 +	"	"	1.00587	0.00270	0.00587	0.00270
35	"	EPRI87UN [2]	"	<sup>241</sup> Am	"	"	1.00328	0.00270	0.00328	0.00270
36	"	EPRI99B [2]	"	"	"	"	1.00504	0.00241	0.00504	0.00241
37	"	EPRI99UN [2]	"	"	"	"	1.00821	0.00291	0.00821	0.00291
38	"	SAXTON52 [2]	"	UO <sub>2</sub> -93.4, PuO <sub>2</sub> -6.6	"	"	1.00261	0.00262	0.00261	0.00262
39	"	SAXTON56 [2]	"	<sup>235</sup> U-0.711 +	"	"	0.99991	0.00198	-0.00009	0.00198
40	"	SAXTN56B [2]	"	<sup>239</sup> Pu- 90.49	"	"	0.99726	0.00283	-0.00274	0.00283
41	"	SAXTN735 [2]	"	"	"	"	1.00143	0.00182	0.00143	0.00182
42	"	SAXTN792 [2]	"	"	"	"	1.00429	0.00312	0.00429	0.00312
43	"	SAXTN104 [2]	"	"	"	"	1.00318	0.00227	0.00318	0.00227
44	"	P5803X21 [2]	"	"	"	"	0.99761	0.00148	-0.00239	0.00148
45	"	P5803X32 [2]	"	"	"	"	1.01001	0.00173	0.01001	0.00173
46	"	P5803X43 [2]	"	"	"	"	1.00404	0.00262	0.00404	0.00262
47	Metal	TRX1 [3]	Hexagonal array	1.3	1.0000 <sub>i</sub>	0.0000	0.99650	0.00148	-0.00350	0.00148
48	"	TRX2 [3]	"	1.3	"	"	1.00763	0.00126	0.00763	0.00126
49	"	CAA01 [4]	Square array	4.89	"	"	0.98598	0.00109	-0.01402	0.00109
50	"	CAA04 [4]	"	4.89	"	"	0.99133	0.00097	-0.00867	0.00097
51	"	IMF002 [5]	Cylinder	16.19	1.0000 <sub>i</sub>	0.0030	1.00176	0.00066	0.00176	0.00307
52	"	HMF002-2 [5]	"	94.5	"	"	0.99706	0.00093	-0.00294	0.00314
53	"	HMF002-3 [5]	Parallelepiped	94.5	"	"	0.99582	0.00084	-0.00418	0.00312
54	"	HMF002-4 [5]	"	94.5	"	"	0.99677	0.00085	-0.00323	0.00312
55	"	HMF002-5 [5]	"	94.5	"	"	0.99521	0.0008	-0.00479	0.00310
56	"	HMF002-6 [5]	"	94.5	"	"	0.99622	0.00077	-0.00378	0.00310
57	Solution	OR2968AL [2]	Cylinder	4.89	1.0000 <sub>i</sub>	0.0000	1.00632	0.00145	0.00632	0.00145
58	"	OR2968S1 [2]	"	4.89	1.0000 <sub>i</sub>	0.0000	0.99225	0.00194	0.00775	0.00194
59	"	OR2968S2 [2]	"	4.89	1.0000 <sub>i</sub>	0.0000	0.99920	0.00117	-0.00080	0.00117
60	"	HST001-1 [5]	"	93.172	1.0000 <sub>i</sub>	0.0025	1.00150	0.00226	0.0015	0.00226
61	"	HST001-2 [5]	"	93.172	1.0000 <sub>i</sub>	0.0000	0.98947	0.00200	-0.01053	0.00200
62	"	HST002-1 [5]	"	93.172	1.0000 <sub>i</sub>	0.0025	1.00810	0.00220	0.0081	0.00220
63	"	HST002-2 [5]	"	93.172	1.0000 <sub>i</sub>	0.0000	0.99423	0.00228	-0.00577	0.00228
64	"	HST003 [5]	"	93.172	1.0000 <sub>i</sub>	0.0030	0.99635	0.00171	-0.00465	0.00171
65	"	RFP2710R [2]	"	93.172	1.0000 <sub>i</sub>	0.0000	1.00585	0.00249	0.00585	0.00249
66	"	RFP2710U [2]	"	93.172	1.0000 <sub>i</sub>	0.0000	1.00152	0.00221	0.00152	0.00221
67	"	HST004 [14]	Sphere	93.172	1.0020 <sub>i</sub>	0.0000	1.00666	0.00115	0.00666	0.00115
68	"	HST009 [14]	"	93.18	1.0000 <sub>i</sub>	0.0057	1.00788	0.00242	0.00788	0.00242
69	"	HST013 [14]	"	93.18	1.0012 <sub>i</sub>	0.0026	0.99981	0.00145	-0.00019	0.00145
70	"	OR260901 [2]	"	93.2	1.0000 <sub>i</sub>	0.0000	1.00462	0.00174	0.00462	0.00174
71	"	OR260906 [2]	"	93.18	1.0000 <sub>i</sub>	0.0000	1.00332	0.00205	0.00332	0.00205
Case					Avg. $\Delta k_{eff}$		Avg. $\Delta \rho_{k}$		Bias	
UO <sub>2</sub>					0.00073		0.00531		0.01100	
MOX					0.00237		0.00359		0.00683	
Metal					-0.00542		0.00724		0.02650	
Solution					0.00178		0.00458		0.00997	

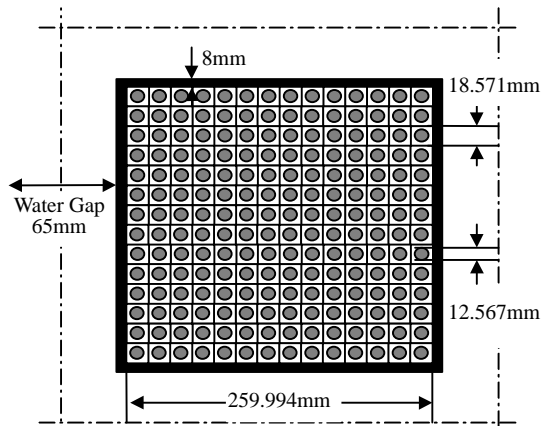


Fig. 1. Cross Sectional View of Square Canister Containing Metal Spent Fuel Rods.

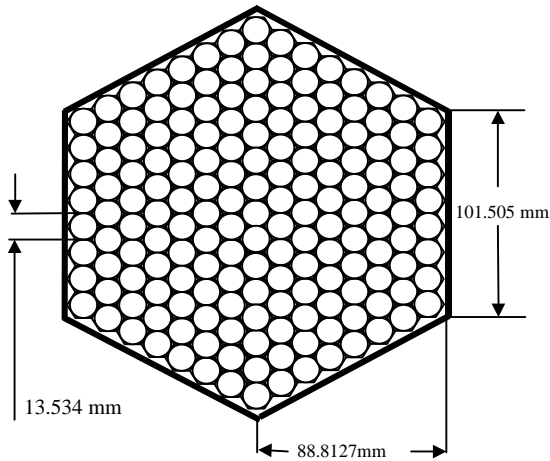


Fig. 2. Cross Sectional View of Hexagonal Canister Containing Metal Spent Fuel Rods.

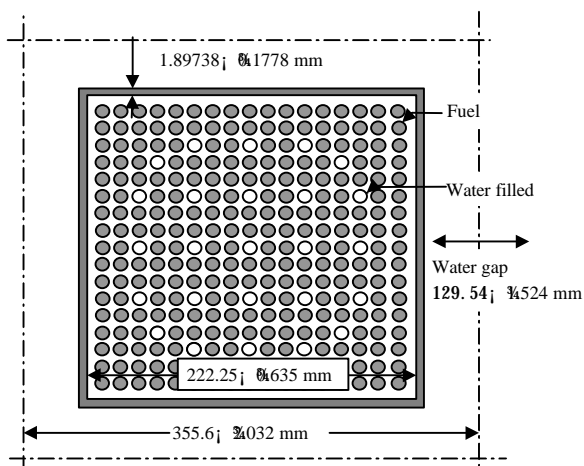


Fig. 3. PWR Spent Fuel Storage Cell Model.

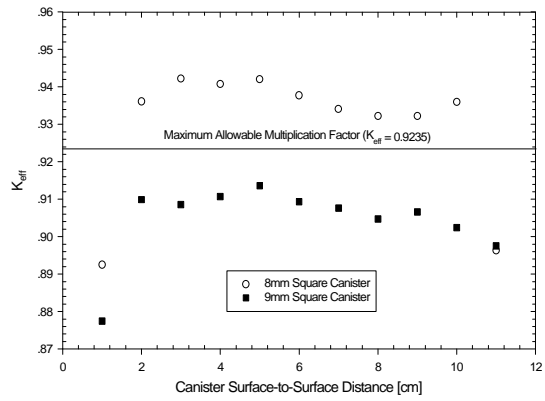


Fig. 4.  $K_{eff}$  for Square Canister with 8 and 9mm thickness.

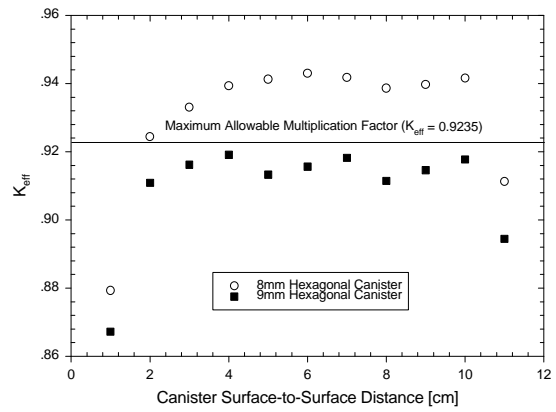


Fig. 5.  $K_{eff}$  for Hexagonal Canister with 8 and 9 mm thickness.

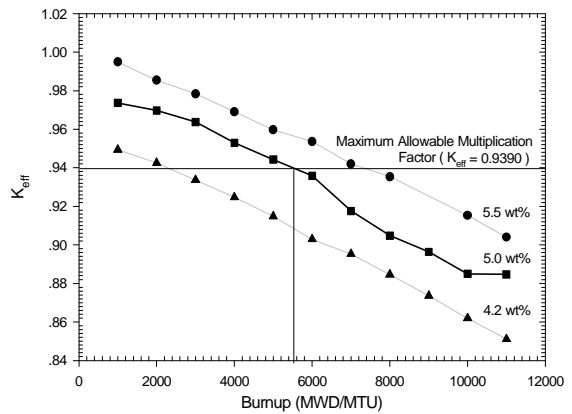


Fig. 6.  $K_{eff}$  as a Function of Burnup for Infinite Array of PWR Spent Fuel Assemblies.