

Development of a Computer Program for the Analysis of Logistics of PWR Spent Fuels

PWR 사용후핵연료 운반 물량 분석 프로그램 개발

Heui-Joo Choi, Jeong-Hun Cha* and Jongwon Choi

Korea Atomic Energy Research Institute, Daedeokdaero 1045, Yuseong-gu, Daejeon

*Kyunghee University, 1, Seocheon-dong, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do

hjchoi@kaeri.re.kr

최희주, 차정훈*, 최종원

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

*경희대학교, 경기도 용인시 기흥구 서천동 1번지

(Received March 26, 2008 / Revised May 6, 2008 / Approved May 21, 2008)

Abstract

It is expected that the temporary storage facilities at the nuclear power plants will be full of the spent fuels within 10 years. Provided that a centralized interim storage facility is constructed along the coast of the Korean peninsula to solve this problem, a substantial amount of spent fuels should be transported by sea or by land every year. In this paper we developed a computer program for the analysis of transportation logistics of the spent fuels from 4 different nuclear power plant sites to the hypothetical centralized interim storage facility and the final repository. Mass balance equations were used to analyze the logistics between the nuclear power plants and the interim storage facility. To this end a computer program, CASK, was developed by using the VISUAL BASIC language. The annual transportation rates of spent fuels from the four nuclear power plant sites were determined by using the CASK program. The parameter study with the program illustrated the easiness of logistics analysis. The program could be used for the cost analysis of the spent fuel transportation as well.

Key words : Spent fuel, Transportation, Logistics analysis, CASK, Repository

요약

국내 원자력발전소의 사용후핵연료 저장용량의 포화가 10년 이내에 예상되고 있으며, 소외 중간저장방식을 관리 방안으로서 선정할 경우, 상당한 양의 사용후핵연료 운반이 해상 혹은 육

로를 통해 매년 이루어져야만 한다. 본 논문에서는 4곳의 원자력발전소 부지에 분산 저장되어 있는 사용후핵연료를 해안에 위치한 가상의 중간저장시설과 영구처분시설을 대상으로 사용후핵연료 운반물량을 효과적으로 분석할 수 있는 체계를 구축하였다. 각 발전소 부지, 중간저장시설, 영구처분시설의 저장고를 중심으로 사용후핵연료 물질 수지식을 세우고, 이에 대한 해를 VISUAL BASIC으로 구하여 운반 물량 분석이 용이하게 수행할 수 있는 컴퓨터 프로그램(CASK)을 개발하였다. 개발된 물량 분석 프로그램을 활용하여 4개 원자력 발전소 부지로부터 사용후핵연료 운반 물량을 분석하고, 운반물량 파라미터 분석을 통하여 본 프로그램의 활용도를 보였다. 개발된 사용후핵연료 운반 물량 분석 체계는 향후 운반비용 분석에도 유용하게 활용될 것이다.

중심단어: 사용후핵연료, 운반, 물류분석, 캐스크, 처분장

I. 서론

국내에는 고리, 월성, 울진 및 영광, 4곳의 원자력발전소 부지가 있다. 각 발전소에서 발생하고 있는 사용후핵연료들은 발전소 내의 임시저장고에 보관되어 있다. 각 발전소의 임시저장고의 저장 용량은 2016년을 전후로 포화될 것으로 예상되고 있으며[1], 사용후핵연료에 대한 국가 방침은 제253차 원자력위원회에서는 사용후핵연료를 각 발전소 내의 저장용량 확장을 통해 2016년까지 관리하며, 국가정책방향 및 국내외 기술개발 추세 등을 감안하여 중장기적으로 검토하되 충분한 토의를 거쳐 국민적 공감대를 형성하여 추진하기로 하였다[2]. 향후 국가 관리 정책이 확정되어 사용후핵연료 중간저장시설이 원자력발전소 밖에 중앙집중식으로 건설될 경우 방대한 분량의 사용후핵연료 운반이 예상된다.

사용후핵연료의 최종 관리방안 중 처분하는 경우에 대해 한국원자력연구원에서는 사용후핵연료의 지층 처분에 관한 연구를 수행하고 있으며, 국내 지질 조건과 사용후핵연료 특성을 반영하여 개발한 한국형 처분 시스템 개념을 제안하였다[3]. 제안된 개념에 의하면 사용후핵연료의 영구처분 방안으로서 직접 처분을 고려하고 있으며, 따라서 이 경우에도 중간저장시설로부터 영구처분시설로의 방대한 분량의 사용후핵연료 운반이 필요하다. 또한, 원자력에너지의 지속적 사용을 위하여 한국원자력연구원에서 개발 중인 건식재처리 공정을 통한 사용후핵연료 재활용을 할 경우에도

사용후핵연료의 운반은 예상된다.

사용후핵연료를 관리하기 위해서는 막대한 비용이 예상되며, 이에 대한 재원을 확보하기 위하여 현재 한국수력원자력(주)이 원전사후처리충당금 형태로 적립하고 있다. 이 비용은 전기사업법에 근거하여 평가하고 있으며, 산업자원부령 제279호에 의해 기존의 충당금 산식을 개정하였으며, 이 산식은 주기적으로 검토되고 있다. 사용후핵연료 관리 비용은 크게 중간저장, 운반, 영구처분으로 구분되어 평가되고 있다. 사용후핵연료 관리 프로그램을 수립하여, 관리비용을 징수하고 있는 미국[4], 캐나다[5], 스웨덴[6] 등 국가들도 사용후핵연료 운반비용을 별도로 산정하고 있다.

본 논문에서는 사용후핵연료 운반과 관련된 비용을 평가하기 위한 시스템을 구축하기 위한 연구의 일환으로서 사용후핵연료 운반물량 분석을 체계적으로 구축하고자 하였다. 사용후핵연료 운반비용 평가에 있어서 가장 중요한 요소의 하나는 국내에서의 사용후핵연료 발생량과 처분율을 고려한 운반 물량 분석이다. 특히 국내와 같이 4개 부지에서 총 28기(제3차 전원개발 계획에 따른)의 원자로가 서로 다른 발생량과 각 발전소 내 서로 다른 저장용량을 보유하고 있을 경우, 적절한 운반물량 분석 프로그램의 확보는 매우 중요하다. 물량 분석을 위하여 중앙집중식 소외 중간저장시설이 해안가에 위치하는 것을 가정하여, 각 발전소로부터 중간저장시설로는 해상운반을 가정하였다. 영구처분시설은 중간저장시설과 근접한 곳에 위치한다고 가정하여 차량을 이용한 육로운반을 가정하였

다. 각 발전소로부터 발생하는 사용후핵연료 발생량과 한국형처분시스템 개념설계에서 고려된 처분율을 고정 값으로 정하고, 적절한 연간 운반 물량 결정을 통하여 중간저장시설 및 각 발전소 내의 저장 용량을 확인하고자 하였다.

본 연구의 목적은 국내에서 발생 예상되는 사용후핵연료 전체를 중간저장 시설과 영구처분시설로 운반할 경우에 대한 운반 시나리오에 따라 운반 물량을 분석할 수 있는 시스템을 구축하는 것이다. 이를 위하여 사용후핵연료 이동에 대한 물질 수지식을 도입하여 각 발전소 부지 및 저장시설에서의 사용후핵연료 물량을 분석할 수 있는 컴퓨터 프로그램(CASK)을 개발하였으며, 이를 이용하여 각 저장시설 내 사용후핵연료 누적 물량을 분석하였다. 즉, 구축된 시스템을 이용하여 국내 28기 원자로 수명 동안 예상되는 사용후핵연료 연간 운반 물량을 각 부지의 저장 용량에 맞추어 결정하였다.

II. 사용후핵연료 운반물량 분석 체계

사용후핵연료 중간저장시설 혹은 영구처분시설이 운영될 경우 사용후핵연료의 운반은 각 원전 부지 단위로 이루어질 것을 가정하여 물량 분석 체계를 수립하였다. 사용후핵연료 운반에 이용되는 운반용기(캐스크) 중량이 대략 100톤을 상회하기 때문에 육로 운반의 경우 교량이 받는 하중 문제가 있어, 본 논문에서는 사용후핵연료의 해상운반을 토대로 중간저장시설은 해안에 위치한다고 가정하였다. 즉, 원자력발전소로부터 중간저장시설로의 운반은 선박을 이용한 해상운반을 가정하였다. 운반용기 1개에는 대략 10톤 정도의 PWR 사용후핵연료가 수용되며, 선박을 이용할 경우 INF-2 선박의 경우 한 번에 5개 정도, INF-3 선박의 경우 제한 없이 운반이 가능할 것으로 분석되었다[7]. 또한 서해안에서 동해안으로의 선박의 운송시간은 대략 30시간 정도로 분석되었으며, 따라서 선박 운반시 운반 자체에 따른 시간 제약은 거의 없는 것으로 판단되었다[7]. 각 발전소 부지에서의 사용후핵연료 적재 및 중간저장시설에서의 하역 등에 소요되는 시간도 운반용기 당 1일 이내에 가능

하여, 연간 물량 분석에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다.

즉, 국내 원자력발전소에서 발생하는 PWR 사용후핵연료 운반 물량 결정의 핵심은 날짜 단위의 일정 관리보다는 연간 운반 물량에 따른 각 시설 내 저장 용량의 적절성을 판단하는 것이다. 사용후핵연료 운반 물량 분석은 각 부지별 시설의 저장고를 중심으로 입출력 운반 물량에 대한 물질 수지식을 세워 평가하였다. Figure 1은 국내 원자력발전소 부지 4곳과 가상의 소외 중간저장시설, 영구처분시설을 고려하여 구성한 구획모델이다. 즉, 고려한 시설은 4개 원자력발전소 부지 저장고, 중간저장시설, 영구처분시설 내의 저장고와 최종 처분되는 처분공을 7개의 구획으로 고려하였으며, 각 구획사이의 전달계수 및 각 발전소 부지별 사용후핵연료 발생량을 선원항으로 고려하여, 다음과 같은 방정식을 이용하였다:

$$\frac{\partial F_{yg}}{\partial t} = S_{yg} - K_{yg-cisf} \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{\partial F_{uc}}{\partial t} = S_{uc} - K_{uc-cisf} \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{\partial F_{kr}}{\partial t} = S_{kr} - K_{kr-cisf} \dots\dots\dots (3)$$

$$\frac{\partial F_{ws}}{\partial t} = S_{ws} - K_{ws-cisf} \dots\dots\dots (4)$$

$$\frac{\partial F_{cisf}}{\partial t} = K_{yg-cisf} + K_{uc-cisf} + K_{kr-cisf} + K_{ws-cisf} - K_{cisf-fr} \dots\dots\dots (5)$$

$$\frac{\partial F_{fr}}{\partial t} = K_{cisf-fr} - K_{fr-disp} \dots\dots\dots (6)$$

여기서 F는 발전소 내 저장시설, 중간저장시설, 영구처분시설의 저장시설 내 사용후핵연료 저장량 [tU], S는 발전소 부지로부터 연간 사용후핵연료 발생량 [tU/y], K는 각 시설 간 사용후핵연료 연간 운반 물

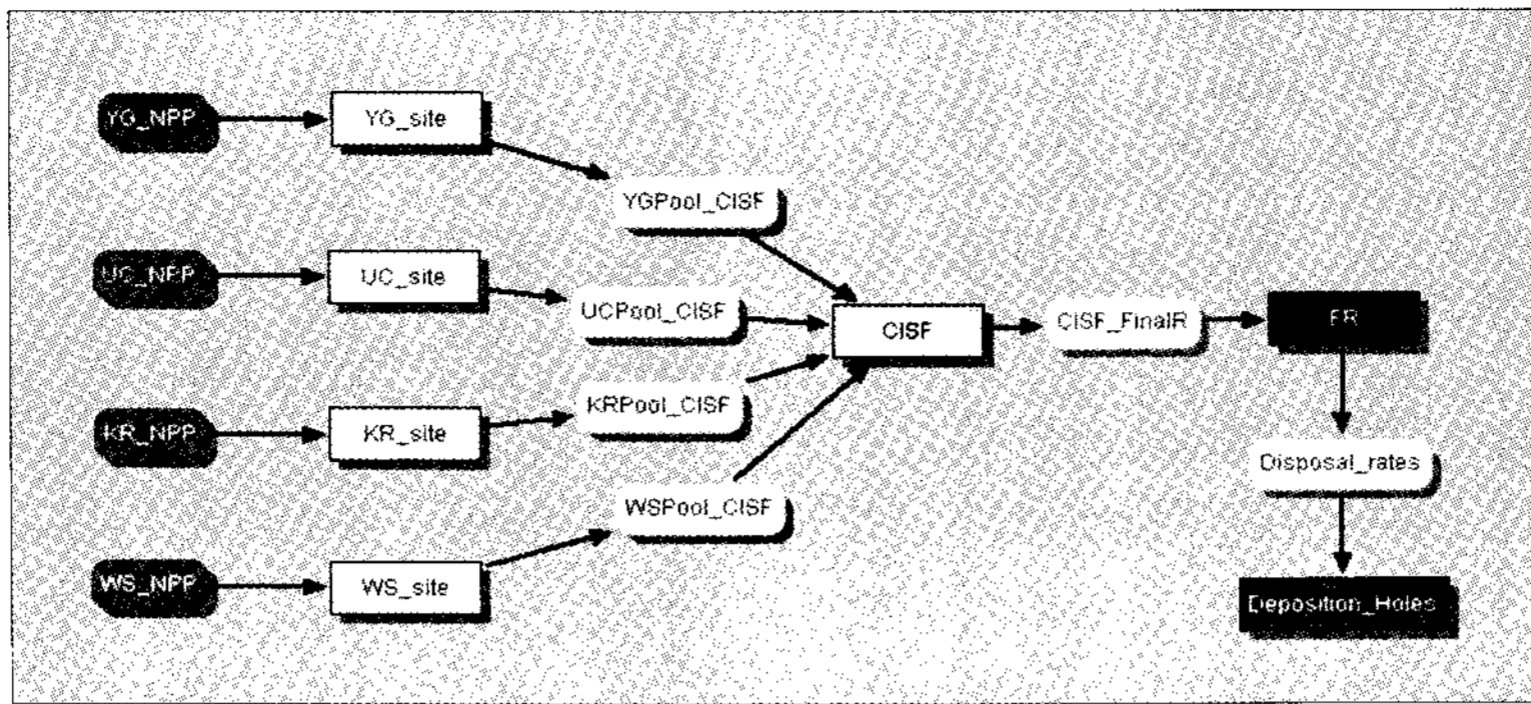


Fig. 1. Compartments used for the analysis of logistics of spent fuels generated from 4 nuclear power plant sites.

량[tU/y]를 나타낸다. 또한, 아래첨자 yg는 영광 부지, uc는 울진 부지, kr은 고리부지, ws는 월성 부지, cisf는 중간저장시설, fr은 영구처분시설 내 저장시설을 나타낸다.

상기의 방정식의 해는 단순한 해석적 방법도 가능하나, 발전소에서 발생하는 연간 발생량과 각 시설 사이의 운반 물량이 매년 변하는 경우, 많은 반복 작업이 필요하다. 이와 같은 반복 작업을 줄이기 위하여 VISUAL BASIC 언어를 이용하여 CASK(Cost and logistics Analysis program for Spent fuel transportation in Korea) 프로그램을 개발하였다. 본 프로그램은 각 발전소 부지에서의 사용후핵연료 물량 분석뿐만 아니라 사용후핵연료 발생량 예측 및 그 특성 분석 등을 수행할 수 있는 기능을 갖추고 있다. Figure 2에 CASK 프로그램의 시작화면과 입출력 콘트롤 화면을 나타내었다.

III. 사용후핵연료 운반물량 분석

가. 선원항 및 연간 운반물량

각 발전소 부지별 연간 사용후핵연료 발생량을 사용후핵연료 운반 물량 분석을 위한 선원항으로서 이용하였다. 2007년을 기준년도로 설정하였으며, 본 논문에서는 PWR 사용후핵연료만을 대상으로 고려하였다. 사용후핵연료 발생량 예측을 위하여 이용한 예로서 영광발전소 특성을 Table 1에 나타내었다. PWR 원자로 수명은 40년 (APR의 경우 60년)으로 가정하였으며, 각 발전소에서 연간 예상 발생하는 사용후핵연료 양을 Figure 3에 나타내었다. 즉, Figure 3

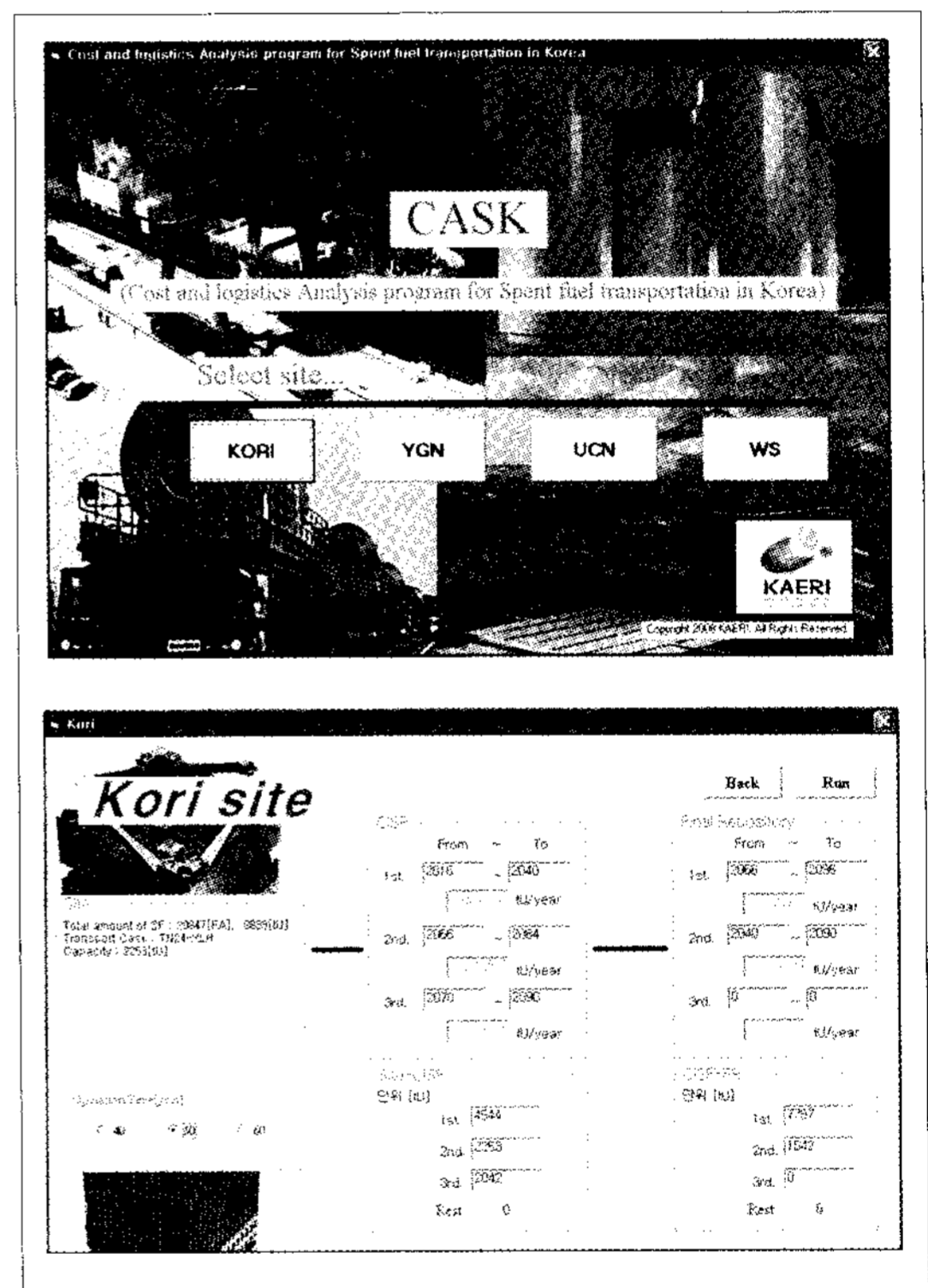


Fig. 2. Illustration of the main and input control pages of the CASK program.

에 주어진 각 부지별 연간 사용후핵연료 발생량을 방정식 (1) - (4)의 선원항으로 이용하였다. Figure 3에 나타난 바와 같이 PWR 원자로로부터 발생하는 사용후핵연료 양은 어느 정도 일정하나, 발전소가 폐쇄되는 해에 다량의 사용후핵연료가 발생하기 때문에 이를 고려하면, 연간 발생하는 사용후핵연료 양은 매우 복잡한 선원항을 나타내게 된다.

Table 2에는 각 부지별 사용후핵연료 저장용량과

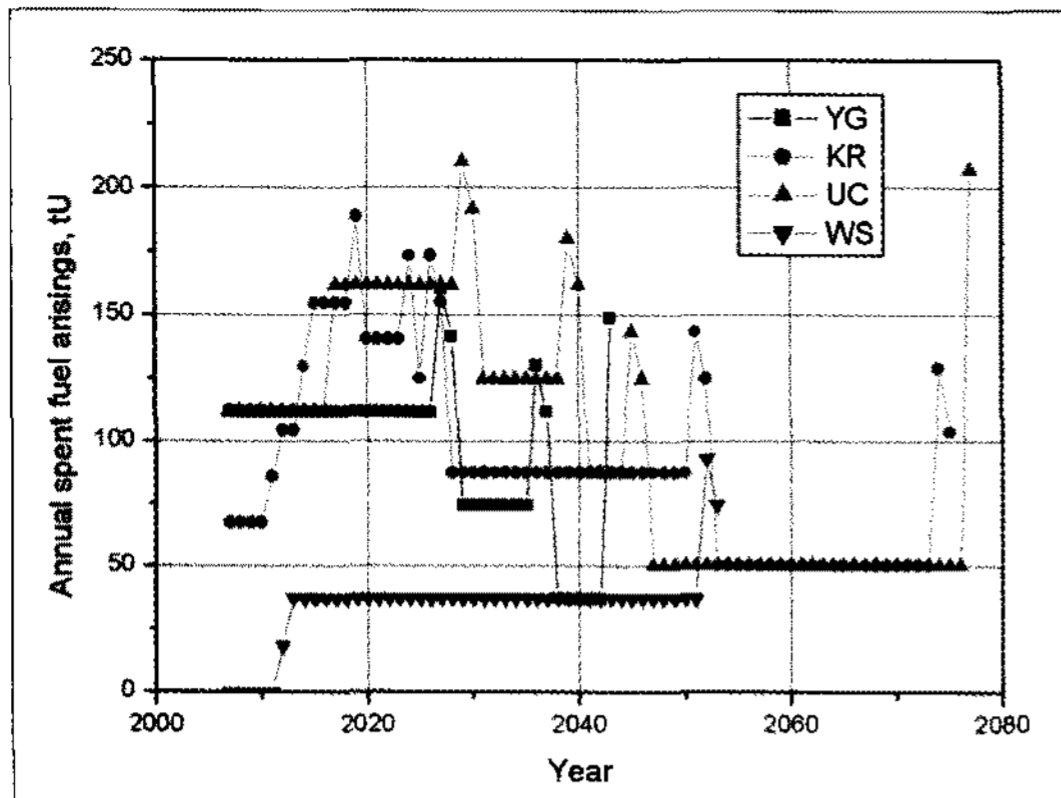


Fig. 3. Projection of the annual spent fuel arisings from the nuclear power plants.

2006년 사용후핵연료 저장량을 나타내었다. Table 2에 주어진 중간저장 용량은 24기 PWR 원자로에서 예상되는 사용후핵연료 발생량과 2016년까지 각 부지에서 확장 예정인 임시저장 용량을 고려하여 결정한 값이다. Table 2에 주어진 사용후핵연료 저장량은 식 (1) - (6)에 대한 초기 조건으로 이용되었다. 4개 원자력발전소 부지로부터 중간저장시설로의 사용후핵연료 연간 운반 물량을 Table 3에 나타내었다. Table 3에서 PWR 사용후핵연료 운반을 2단계로 나눈 이유는 한국형처분시스템[3]에서 고려하고 있는 PWR 사용후핵연료 영구처분 시점이 2066년이기 때문이었다. 한국원자력연구원에서 개발한 한국형처분시스템은 열 발생이 적은 CANDU 사용후핵연료를 2041년부터 처분을 시작하여 25년간 수행하고, PWR 사용후핵연료의 경우 2066년부터 30년에 걸쳐 처분하는 것을 제안하고 있다. 운반물량 분석 예시를 위하여 Table 3에 주어진 바와 같은 값을 이용하여 계산하였다. Table 3에 주어진 값은 각 발전소에서 타 발전소의 사용후핵연료 운반물량을 고려하지 않고 결정한 운반물량이다. 즉, 이 값은 각 발전소만을 고려하였을 경우에 대한 물량으로, 중간저장 단계와 처분단계만을 고려한 운반물량이다. 또한, 중간저장시설로부터 영구처분시설로의 운반물량은 각 발전소 부지로부터 운반되어 오는 사용후핵연료 물량과 연계되어 있어, Table 4에 주어진 바와 같이 연도에 따라 서로 다른 값을 갖는다. 영구처분장에서 연간 처분율은 한국형처분시스템에서 고려하고 있

는 처분용기를 기준으로 하였다[8]. 한국형처분시스템에서 고려하고 있는 구리-주철 이중구조 PWR 사용후핵연료 처분용기에는 4개의 사용후핵연료 집합

Table 1. Characteristics of reactors located at the YoungGwang site.

Reactor name	Start of operation	Discharge rate (tU/yr)	Number of discharged assemblies (Ass/yr)	Maximum burnup (MWd/tHM)	U-235 enrichment (%)
YG-1	1986	18.7	43.6	60,000	4.5
YG-2	1987	18.7	43.6	60,000	4.5
YG-3	1995	18.5	44	60,000	4.5
YG-4	1996	18.5	44	60,000	4.5
YG-5	2002	18.5	44	60,000	4.5
YG-6	2002	18.5	44	60,000	4.5

Table 2. Current stocks of PWR spent fuels and the storage capacities of the facilities.

Site	Accumulation (tU) as of 2006	Capacity (tU)	Year of Saturation
YoungGwang	1,357	2,600	2016
Kori	1,562	2,300	2016
Ulchin	1,054	2,300	2017
Wolsong	0.0	1,600	-
Interim Storage	0.0	15,300	-
Final Repository	0.0	20	-

Table 3. Annual transportation rates of spent fuels from the reactor sites to the centralized interim storage facility.

Site	Transportation period (year)	First stage	Second stage
		Annual transportation rate (tU)	Annual transportation rate (tU)
YoungGwang	2016 - 2030	200	200
	2016 - 2041	220	220
Kori	2016 - 2041	240	240
	2016 - 2053	43.2	43.2
Ulchin	2016 - 2041	240	240
	2016 - 2053	43.2	43.2
Wolsong	2016 - 2053	43.2	43.2
	2016 - 2053	43.2	43.2

Table 4. Annual transportation rates of spent fuels from the centralized interim storage facility to the final repository.

Year	2066	2080	2088	2091	2117
Annual Transportation rate (tU)	516	716	516	316	

Table 5. Proposed annual transportation rates of spent fuels from the reactor sites to the centralized interim storage facility.

Site	Transportation period (year)	First stage	Second stage
		Annual transportation rate (tU)	Annual transportation rate (tU)
YoungGwang	2016 - 2033	150	200
	2016 - 2040	200	150
Kori	2016 - 2042	200	150
	2016 - 2084	100	50
Ulchin	2016 - 2042	200	150
	2041 - 2050	100	50
Wolsong	2041 - 2050	100	50
	2051 - 2063	50	

체가 수용되며, 이와 같은 처분용기를 연간 380개 처분할 계획이다. 이것은 PWR 사용후핵연료 약 650톤에 해당한다.

나. 사용후핵연료 저장용량을 고려한 운반물량 결정

각 원자력발전소로부터 발생하는 연간 사용후핵연료 발생량과 영구처분시설에서의 처분율은 고정되어 있으며, 이를 바탕으로 Table 3과 Table 4에 주어진 연간 운반물량에 맞추어 사용후핵연료를 운반할 경우 발전소 내의 저장용량과 중간저장시설 용량이 충분한지를 비교하였다. 본 논문을 통해 개발된 CASK 컴퓨터 프로그램을 이용하여 계산한 결과, Figure 4에 나타난 바와 같이 2016년경 사용후핵연료 발생량이 Table 2에 주어진 고리발전소의 저장용량을 상회할 것으로 예상되었다. 또한 중간저장시설의 경우 Figure 6(사각형 점 표시)에 나타난 바와 같이 예상되는 사용후핵연료 저장량이 상당히 긴 기간 동안 Table 2에 주어진 저장용량 15,300 톤을 초과할 것으로 추정되었다. 즉, Table 3과 Table 4에 가정한 사용후핵연료 운반물량으로는 중간저장시설 저장용량을 크게 초과하기 때문에 연간 운반 물량을 조정할 필요가 있었다. Figure 4의 결과를 살펴보면 영광 부지를 제외한 고리와 울진 부지의 저장 물량이 거의 없음을 확인할 수 있었으며, 따라서 이 부지의 임시 저장 물량을 늘릴 수 있도록 운반물량을 조정할 필요가 있다.

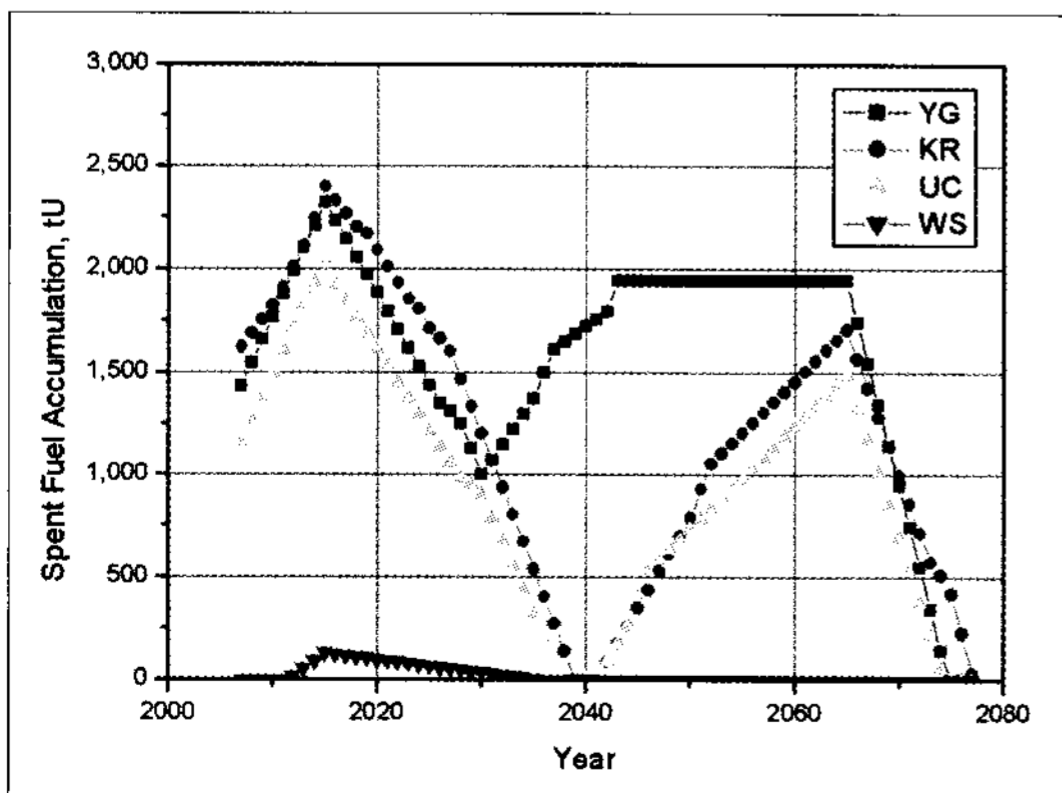


Figure 4. The expected amount of spent fuels stored at the four nuclear power plant sites.

Table 3에 나와 있는 발전소로부터 중간저장시설로의 운반 물량을 줄일 경우, 발전소 내의 저장용량을 초과할 수 있기 때문에 이를 고려하여 각각의 발전소로부터 운반물량과 중간저장시설로부터 영구처분시설로의 처분물량을 조절하였다. 각 발전소로부터 운반되는 사용후핵연료 물량과 일정을 조절하여 제안된 운반 물량을 Table 5에 나타내었다. 중간저장시설로부터 영구처분시설로의 운반 물량은 연도에 관계없이 연간 600 tU의 사용후핵연료로 결정하였다. 조정된 운반 물량에 따른 각 발전소의 사용후핵연료 예상 저장량을 Figure 5에 나타내었다. 고리부지의 경우 사용후핵연료 운반이 시작되는 2016년 이전에 사용후핵연료 누적량이 이미 2,399 tU에 다다르고 있어, 저장용량의 초과가 예상된다. Figure 4에 나타난 바와 같이 고리와 울진 부지 저장량을 늘

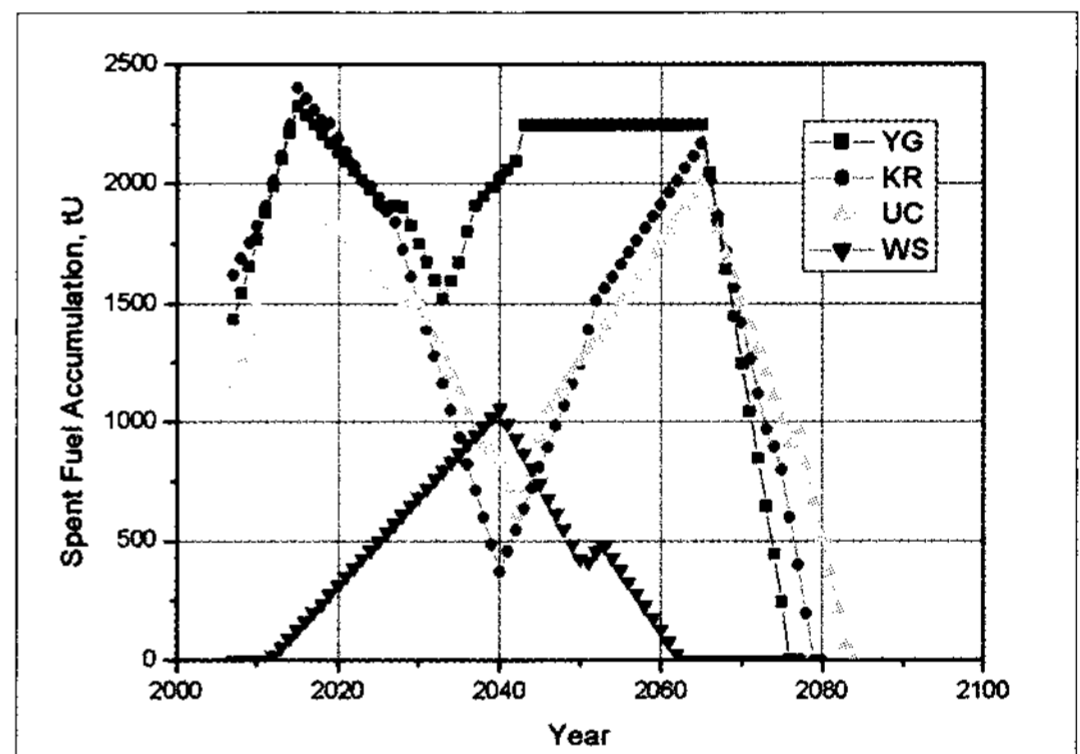


Figure 5. The expected amount of spent fuels stored at the four nuclear power plant sites with the proposed transportation rates.

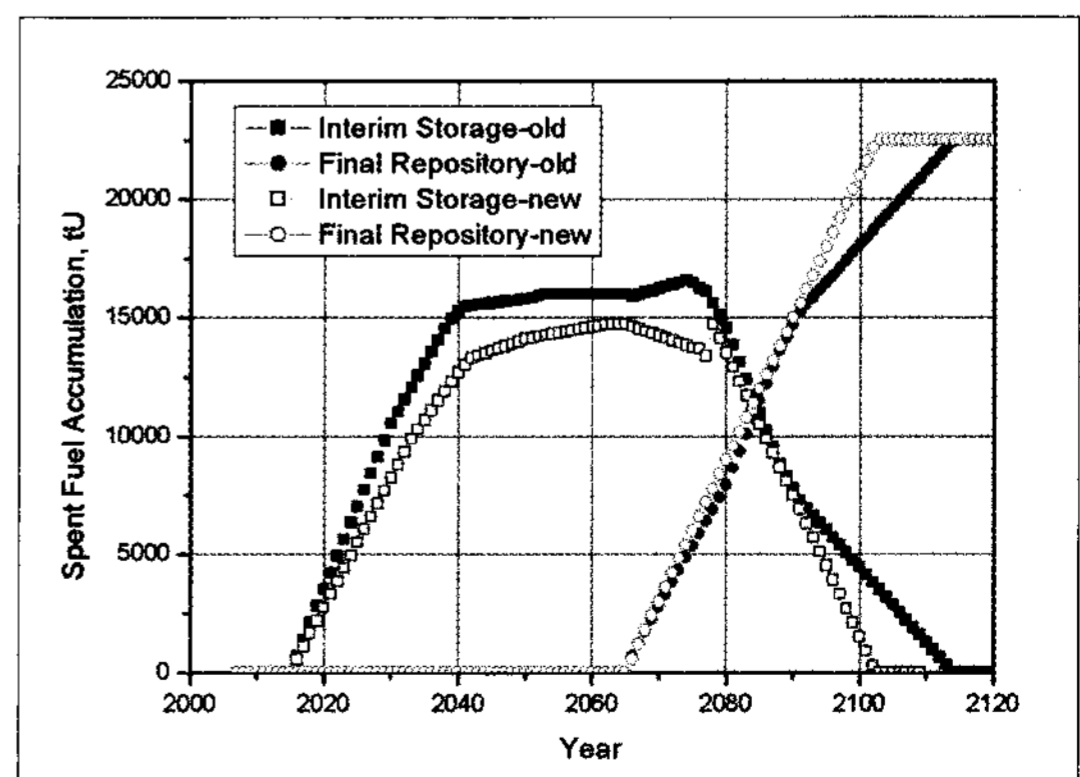


Figure 6. The amount of spent fuels expected to be stored at the centralized interim storage facility and the final repository.

리고, 월성 발전소로부터의 사용후핵연료 운반을 늦춤으로써 중간저장시설의 사용후핵연료 누적 저장량을 15,000 tU 이하로 낮출 수 있었다. 운반 물량 조정에 따른 중간저장시설과 영구처분시설에의 사용후핵연료 저장량을 Figure 6에 나타내었다. Figure 6에 나타난 바와 같이 개선된 운반 물량을 적용할 경우 Table 2에 주어진 중간저장 시설 저장용량을 초과하지 않도록 운영할 수 있게 되었다. 이와 같이 본 논문을 통해 개발한 CASK 프로그램을 이용할 경우, 각 원자력발전소로부터 미래에 예상되는 중앙집중식 중간저장 시설 혹은 영구처분시설로의 사용후핵연료 운반 계획을 수립하는 데에 유용하게 활용될 수 있다.

IV. 결 론

각 원자력발전소의 사용후핵연료 저장용량의 포화가 10년 이내에 예상되고 있으며, 소의 중간저장방식을 관리 방안으로서 선정할 경우, 국내에서도 상당한 양의 사용후핵연료 운반이 예견되고 있다. 본 논문에서는 4곳의 원자력발전소 부지에 분산 저장되어 있는 사용후핵연료를 해안에 위치한 가상의 중간저장시설과 그로부터 근접해 있는 영구처분시설을 대상으로 사용후핵연료 운반물량을 효과적으로 분석할 수 있는 체계를 구축하였다. 각 발전소 부지, 중간저장시설, 영구처분시설의 저장고를 중심으로 사용후핵연료 물질 수지식을 세우고 이에 대한 해를 VISUAL BASIC으로 구하여 운반 물량 분석이 용이하게 수행할 수 있도록 CASK 컴퓨터 프로그램을 개발하였다.

개발된 물량 분석 체계를 활용하여 4개 원자력 발전소 부지로부터 사용후핵연료 운반 물량을 분석하고, 각 발전소 중심으로 결정된 운반 물량을 분석한 결과 중간저장시설 및 몇몇 발전소 저장 용량 확보에 어려움을 발견하였으며, 운반물량 파라미터 분석을 통하여 이를 개선함으로써 본 프로그램의 활용도를 보였다. 개발된 사용후핵연료 운반 물량 분석 체계는 향후 운반비용 분석에 유용하게 활용될 것으로 판단되었다. 현재까지 개발된 프로그램은 PWR 사용

후핵연료를 중심으로 개발되었으며, 향후 CANDU 사용후핵연료에 대한 물량 분석 체계를 갖추면, 더욱 유용할 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 전력산업기술개발 사업의 일환으로 수행하였습니다.

참고문헌

- [1] Kim, Won-Dong, "Storage of Spent Fuel and Public Consensus Approach in Korea," the 22nd KAIF/KNS Annual Conference Proceedings, Sheraton Grande Walkerhill Hotel, Seoul Korea, pp. 275 - 282 (2007).
- [2] Whang, Jooho, "Status of Public and Stakeholder Engagement on Spent Fuel in Korea, Proceedings of International Symposium on Radwaste Disposal Facility and Spent Fuel," COEX InterContinental Hotel, Seoul, Korea, Oct 4-5, pp. 355 - 363 (2007).
- [3] Choi, Heui-Joo, Jongwon Choi, and Joung Youl Lee, "Korean Reference Disposal System for High-level Radioactive Wastes," Proceedings of the 6th Korea-China Joint Workshop on Nuclear Waste Management, Kyeongju, Korea, November 16 - 17, pp.225 - 235 (2005).
- [4] DOE/RW-0533, Analysis of the Total System Life Cycle Cost of the Civilian Radioactive Waste Management Program, U.S. Department of Energy, (2001).
- [5] NWMO, Costs of Alternative Approaches for the Long-Term Management of Canada's Nuclear Fuel Waste - Deep Geological Disposal Approach, Nuclear Waste Management Organization, Canada (2004).

- [6] SKB, Plan-2003. Costs for Management of the Radioactive Waste Products from Nuclear Power Production, SKB TR-03-11 (2003).
- [7] 최희주, 이종열, 김성기, 차정훈, 최종원, Determination of Prerequisites for the Estimation of Transportation Cost of Spent Fuels, KAERI/TR-3456/2007 (2007).
- [8] Lee, Jongyoul, Dongkeun Cho, Heuijoo Choi, and Jongwon Choi, "Concept of a Korean Reference Disposal System for Spent Fuels," *Journal of Nuclear Science and Technology*, 44(12), pp 156-1573 (2007).