

'99 춘계 학술발표회 논문집
한국원자력학회

150MWe급 KALIMER의 자본비 및 운전유지비 평가

A Preliminary Estimation of Capital and O&M Cost of KALIMER

문기환, 석수동, 송기동, 김승수

한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

KALIMER의 자본비와 운전유지비를 추정하기 위하여 비용의 구성 요소를 파악하였다. 또한 비용을 효과적으로 추정하기 위하여 Excel software를 이용하여 프로그램을 개발하였다. 비용 요소별로 비용을 추정한 결과, 자본비는 약 6억 8000만 달러, 연간 운전유지비는 22백만 달러가 소요될 것으로 추정되었다. 여기에서 개발된 계산 모형은 원자로관련 비용(Reactor Plant Equipment)과 구조를 관련 비용(Structures & Improvements)과 같은 주요 비용 요소에 대해 설계의 변화를 반영할 수 있기 때문에 경제성 있는 KALIMER의 설계를 위한 도구로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract

The components of capital cost and O&M cost are classified to estimate their total costs. A spreadsheet based program was developed to estimate the costs effectively and extend easily. According to the results, estimated capital cost and O&M cost are about 0.68 billion dollars and 22 million dollars, respectively. It is expected that the program developed in this study can be used as a computational tool for evaluating the cost effects of changing design specification.

1. 서론

원자력은 지구온난화와 같은 지구차원의 환경 문제를 야기하는 이산화탄소를 배출하지 않기 때문에 21세기에는 전력공급원으로서의 원자력의 역할이 증대될 것으로 기대된다. 특히 우리 나라는 거의 전량의 에너지를 수입하고 있고 에너지 수요 또한 지속적으로 증가할 것으로 예상되기 때문에 에너지 자원의 안정적 확보와 이를 효율적으로 이용하는 것은 경제성장과 국민복지 향상을 위한 필수 요건이 되고 있다. 그런 의미에서 액체금속로는 우리 나라의 21세기 전력공급원으로서의 역할이 기대된다. 또한 액체금속로의 경우는 아직 일부 국가에서만 개발을 하고 있기 때문에 액체금속로의 고유모델인 KALIMER를 성공적으로 개발한다면 앞으로 형성될 국제적인 액체금속로의 공급시장에서 주도권을 행사할 수 있을 것으로 전망된다.

이와 같은 KALIMER를 개발하기 위해서는 막대한 비용이 소요되기 때문에 경제성이 확립된 실증로가 건설 되도록 해야 한다. 본 연구는 이를 위한 사전 단계로 KALIMER의 건설과 운영에 소요되는 비용을 분류하고 개략적인 비용을 추정하였다.

2. 비용 분류 및 평가 방법

2.1 자본비

KALIMER의 자본비 평가를 위한 요소별 비용은 미국 DOE의 EEDB(Energy Economy Data base) 비용 계정 분류와 ORNL(Oak Ridge National Laboratory) 지침을 참고로 하여 분류하였다.

그림-1은 자본비의 평가 절차를 요약한 것이다. 먼저 직접비 중에서 원자로관련 비용과 원자로/터빈 건물비용은 KALIMER의 설계치가 반영된 실제 물량을 산정한 후에 이에 대한 비용을 추정하였다. 이것들을 제외한 직접비는 미국의 ALMR 자료와 용량보정 계수(Scaling Factors)를 이용하여 산출하였으며, 간접비는 미국의 Bechtel사에서 개발한 비용 추정식을 이용하였다. 예비비는 비용 평가의 불확실성 정도에 따라 NI(Nuclear

Island) 부문에는 25%, BOP(Balance of Plant) 부문에는 15%를 적용하였다. 건설기간중이
 자의 산출을 위해서는 대형 프로젝트에 적용되는 Right-skewed S-shape 형태의 산정식을
 이용하였다.

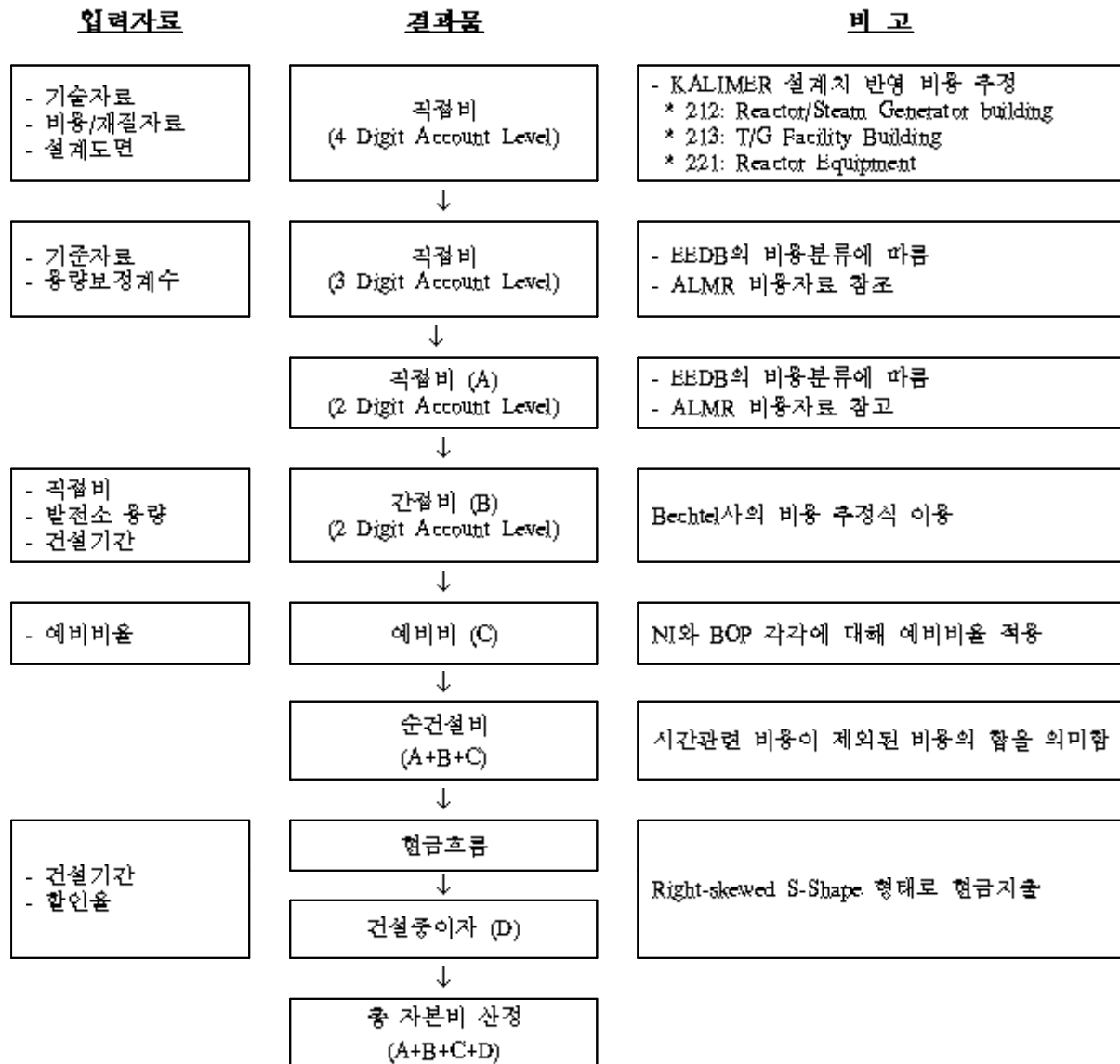


그림-1 자본비 평가 절차

2.2 운전유지비

운전유지비는 전기생산과 관련된 직접비와 행정비 및 일반관리비로 구성된 간접비로 구분할 수 있다. 직접비는 현장의 상근 근로자 및 비상근 근로자의 인건비, 보수비 및 자재비, 보충비 및 경비 등으로 구성되어 있다. 행정비 및 일반관리비의 경우는 연금 및 보조금, 보험료 및 규제관련비용, 기타 행정비 및 일반 관리비 등으로 구성된다. 아래의 그림-2는 운전유지비 평가 과정을 나타낸다. 이 그림-2에 나타난 바와 같이 현장 상시 근무자 및 비상시 근무자 인건비는 근로자의 수와 임금수준에 따라 결정되지만 그 이외의 비용은 자료의 한계 때문에 GE와 ORNL 자료를 이용하여 추정하였으며, 이 과정에서 용량 보정계수가 이용되었다.

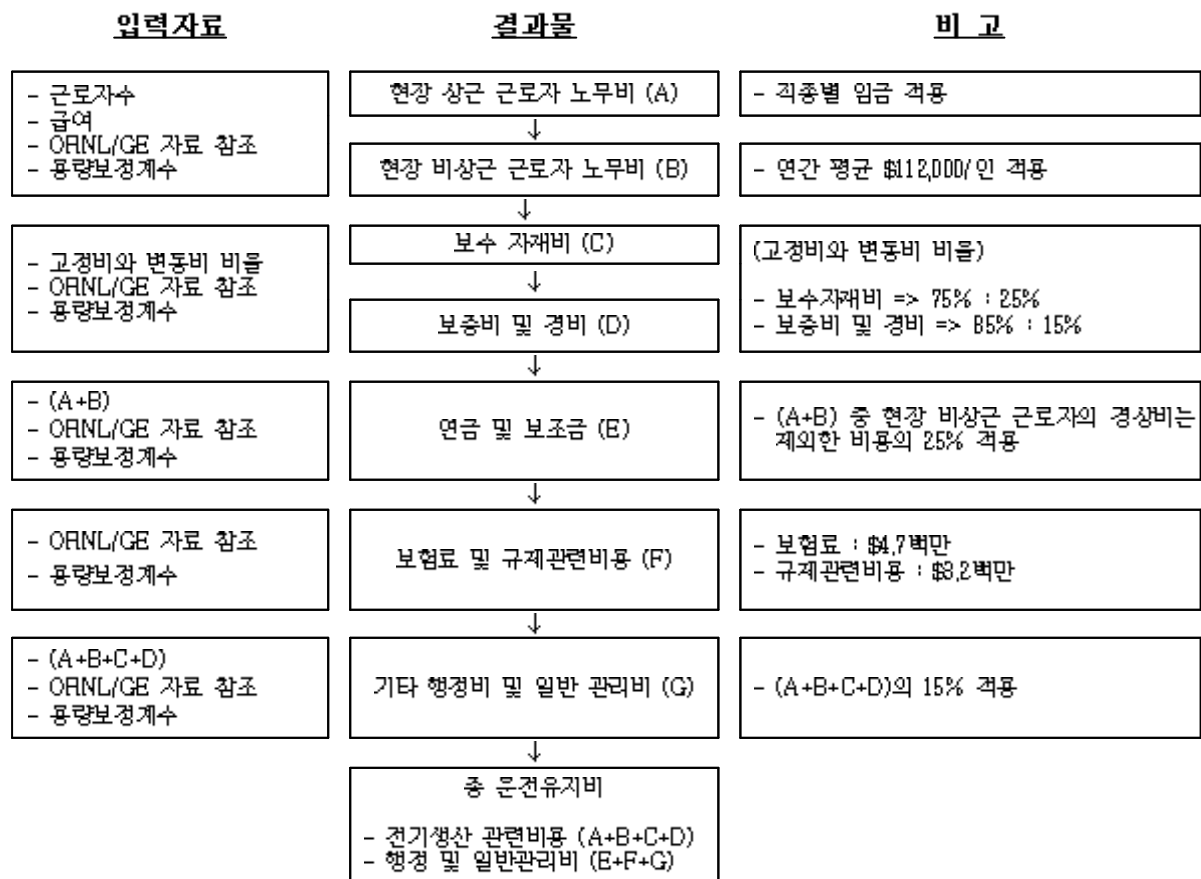


그림-2 운전유지비 평가 절차

3. 비용 평가 모형 개발

자본비와 운전유지비 평가 모형은 확장의 용이성과 이용의 편의성을 고려하여 EXCEL 소프트웨어를 이용하여 개발하였다. 자본비 평가모형은 아래의 표-2에서 보는 바와 같이 11개의 sub-spreadsheet으로 구성되어 있고 운전유지비의 경우는 3개의 sub-spreadsheet으로 구성되어 있다.

표-2 비용 평가 모형의 구성

	구성 spreadsheet	내 용
자본비	Common Data	비용 보정을 위한 GDP deflator
	Scale Factor	자본비 산정을 위한 용량보정계수
	IDC	건설기간중 이자 산정
	2D Summary	2 Digits 수준의 자본비 합계
	3D-Structure	3 Digits 수준의 'Structure & Improvement' 비용 산정
	3D-Reactor	3 Digits 수준의 'Reactor Plant Equipment' 비용 산정
	3D-Turbine	3 Digits 수준의 'Turbine Plant Equipment' 비용 산정
	3D-Condenser	3 Digits 수준의 'Condenser Heat Rejec. System' 비용 산정
	3D-Miscellaneous	3 Digits 수준의 'Miscellaneous Plant Equipment' 비용 산정
	4D-Structure	4 Digits 수준의 'Structure & Improvement' 비용 산정
	4D-Reactor	4 Digits 수준의 'Reactor Plant Equipment' 비용 산정
운전 유지비	On-site & Off-site	On-site와 Off-site의 인건비 산정
	Scale Factor	운전유지비 산정을 위한 용량 보정계수
	Annual O&M Cost	총 운전유지비 산정

주 1) 여기에서 Digits의 개념은 비용 분류의 세분화 정도를 의미함.

2) 비용의 계산 절차

- 자본비 : 4 Digits -> 3 Digits -> 2 Digits -> IDC -> 총 자본비 산정
- 운전유지비 : On-site와 Off-site의 인건비 산정 -> 연간 운전유지비 산정
- 기타 spreadsheet('Common Data'와 'Scale Factor')는 비용 보정 단계에서 이용

4. 비용 평가 결과

4.1 자본비

표-3은 150MWe의 KALIMER 1기를 건설하기 위해서는 소요되는 자본비를 추정한 결과를 나타내며, 약 6억 8000만\$ 정도가 필요한 것으로 추정된다. 직접비는 전체 자본비의 47% 정도를 차지하며, 이 중에서 원자로관련 비용(Reactor Plant Equipment)과 구조물 관련 비용(Structures & Improvements)이 80% 이상(전체 자본비 중에서는 약 38%를 차지함)을 차지하고 있다. 그러므로 건설비 절감을 위해서는 특히 이 부문에 대한 설계 및 제작 등과 관련된 비용의 절감이 이루어져야 함을 알 수 있다.

표-3 KALIMER의 자본비

	비용 요소	비용(1,000\$)	비율(%)
직접비 (A)	<ul style="list-style-type: none"> - Land & Land Right (0.7%) - Structures & Improvements (11.9%) - Reactor Plant Equipment (26.0%) - Turbine Plant Equipment (4.4%) - Electric Plant Equipment (1.5%) - Miscellaneous Plant Equipment (1.1%) - Main Condenser Heat Rejection System (1.0%) 	318,970	46.7
간접비 (B)	<ul style="list-style-type: none"> - Construction Service (4.6%) - At Home Office Engineering & Services (9.8%) - Field Office Supervisor & Service (2.1%) - Owner's Expenses (9.5%) 	177,900	26.0
예비비 (C)		113,208	16.6
순건설비 (D = A + B + C)		610,077	89.3
건설기간중 이자 (E)		73,034	10.7
총 자본비 (F = D + E)		683,111	100.0

4.2 운전유지비

150MWe의 KALIMER를 1년간 운전하기 위해서는 표-4에서 보는 바와 같이 약 22백만 달러 정도 소요될 것으로 추정되었다. 전체 운전유지비 중에서 인건비와 자재비 및 경비로 구성된 직접비와 행정비 및 일반관리비로 구성된 간접비의 구성비율은 약 60 : 40인 것으로 나타났다. 특히 인건비의 비중이 가장 큰 34% 정도 차지하고 있기 때문에 운전유지비 절감을 위해서는 적정 인력 구성이 이루어질 필요가 있음을 알 수 있다.

표-4 KALIMER의 연간 운전유지비

	비용 요소	비용(1,000\$)	비율(%)
직접비 (A)	- On-site Staff (26.3%) - Maintenance Materials (12.3%) - Suppliers & Expenses (14.9%) - Off-site Technical Support (7.6%)	13,599	61.0
간접비 (B)	- Pensions & Benefits (11.8%) - Nuclear Regulatory Fees (6.1%) - Nuclear Insurance Premiums (9.2%) - Other Administrative & Geneal Expenses(11.9%)	8,685	39.0
총 운전유지비 (C = A + B)		22,284	100.0

5. 결론

설계 중에 있는 KALIMER의 비용을 평가하기에는 많은 불확실성이 내포하고 있는 것은 사실이다. 하지만 초기 개발단계에서 추정하는 개략적인 비용은 시스템의 목표 비용 설정과 이를 달성하기 위한 중점기술 분야의 도출을 위한 기초자료로 활용될 수 있다. 본 연구에서는 이런 의미에서 먼저 KALIMER의 자본비와 운전유지비를 추정하기 위하여 비용의 구성 요소를 파악하였다. 또한 효과적인 비용 추정과 확장의 용이성을 고려하여

spreadsheet를 이용하여 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램을 이용하여 비용을 평가한 결과, 자본비는 약 6억 8000만 달러, 연간 운전유지비는 22백만 달러가 소요될 것으로 추정되었다. 여기에서 개발된 계산 모형은 원자로관련 비용(Reactor Plant Equipment)과 구조물 관련 비용(Structures & Improvements)과 같은 주요 비용 요소에 대해 설계의 변화를 반영할 수 있기 때문에 경제성 있는 KALIMER의 설계를 위한 도구로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. "한국 주요경제 지표", 통계청, 1998. 3.
1. "Phase IX Update(1987) Report for the Energy Economic Data Base Program", DOE/NE-0091, U.S., D.O.E., 1988. 7
2. "Technical Reference Book for the Energy Economic Data Base Program", DOE/NE-0092, U.S., D.O.E., 1988.7
3. "Cost Estimate Guidelines for Advanced Nuclear Power Technologies", ORNL/TM-100715, J. G. Delene & C. R. Hudson II, ORNL, 1993. 5.