

4차 산업 혁명 기술을 이용한 원전 예비품 관리



강기식

전 국제원자력기구 원자력발전국 기술책임자

- 부산대 기계공학 학사
- KAIST 원자력공학 석사·박사
- 한국전력기술(주) 원자로사업개발실장
- IAEA 원자력발전국 기술책임자

1. 서론

1.1. 배경

원자력발전소(이하 원전)가 적절한 수명관리를 통해 설계 수명 기간인 30~40년을 넘는 기간 동안 가동됨에 따라 유지보수에 필요한 예비품이 적절하게 원전의 자재창고에 보관되어야 한다. 그러나 설치된 시스템의 예비품을 공급하는 제작사가 이미 다른 업종으로 변경해 예비품을 공급할 수 없거나, 예비품 수요가 높지 않아 제작을 단종한 경우 공급이 원활치 못한 경우가 허다할 것이다. 원전운영자는 어떻게 단종된 예비품을 미리 준비해서 필요할 때 사용할 수 있을까?

사업자가 이미 단종한 예비품을 공급사에 요구하는 경우, 공급자는 다시 시스템을 설치해 제작해야 하므로, 예비품 가격이 매우 높을 것이고, 제작 기간도 길어질 것이다. 일반적으로 원

전 건설 시 공급자는 계약조건에 따라 최대 5년 치 예비품을 기기와 함께 공급한다. 보관 중인 예비품의 교체 시기는 공급자가 제공한 유지보수 지침에 따르고, 건설 시 구매된 예비품은 원전 가동 중에 사용되므로, 2년 치 예비품을 유지하기 위해서는 지속적인 구매가 필요할 것이다.

그러나 몇 년 분의 예비품을 보관하는 것이 비용 효과 측면에서 가장 경제적인 방법인지는 생각해보아야 할 것이다. 원전이 수십 년 동안 가동되면서 예비품 공급과 보관에서 점점 더 많은 문제가 발생하고 있는데, 주요 문제점은 아래와 같이 정리할 수 있다.

문제점 1 : 장비 노후화로 교체해야 하나, 원전 시설에 설치된 안전등급 장비의 초기 공급업체가 더는 존재하지 않거나, 기기 단종으로 예비품 공급이 어려워져 설계 사양이 유사한 장비로 교체하고 있다.

문제점 2 : 새로운 안전등급의 장비 공급업체

를 찾기 어렵다. 잠재 공급업체는 비안전등급에 비해 10배 정도의 가격이므로 위험 부담이 높아 안전등급 장비를 제공하거나 판매하지 않기로 결정하기 때문이다. 또한 아래와 같은 이유로도 잠재 장비 공급업체를 확보하기 어려울 것이다.

- 기존 원자력 요구 사항에 익숙하지 않거나 이해하지 못한다.
- 타 산업 안전 등급 장비 시장 규모가 크기 때문에 원자력 산업·발전 사업자 공급에 관심이 없을 수 있다.
- 현재의 안전등급 요구 사항을 준수하기가 매우 어렵고, 시장 규모도 작아 개발 및 제작에 필요한 노력에 대한 과도한 비용을 정당화할 수 없다.
- 안전등급 장비 개발과 원자력 산업 공급에 큰 경제적 위험이 따른다고 생각한다.

문제점 3 : 안전등급 장비(특히 안전등급 3 이하)에 대한 엄격한 품질 보증 문서 요구 사항(ISO 9001 이전 방법 및 절차)을 적용한다.

- 안전 3등급임에도 불구하고 원자력시설에 사용된다는 이유로 안전등급 1, 안전등급 2와 동일한 수준의 과도한 품질 보증 문서를 요구하는 것이다.
- 필요한 품질 보증 문서의 기준에 대한 불확실성으로 인해 실제로 필요한 수준 이상의 품질보증을 요구
- 산업 보호를 위해 타 제조업체의 참여를 반대하는 보수적인 태도를 유지한다.

문제점 4 : 일반적으로 원자력시설의 시스템,

구조 및 기기(SSC) 장비에는 타 산업에서 이미 사용되고 있는 최신 기술을 적용하기가 어렵다.

- 동일한 공급업체에서 개발한 동일한 사양이 아닌 최신 기술을 적용해 제작한 경우 규제기관의 승인 절차가 길고 까다롭다.
- 기존의 기술기준(code and standard)은 일반적으로 최신 기술을 포함하지 않는다.
- 보수적인 설계로 인해 안전 여유가 크다.

상기와 같은 이유로 안전등급 기기의 구성요건은 같지만, 품질보증을 위해 더 많은 검사와 문서를 요구받기 때문에 더 높은 비용이 필요하다. [그림 1]에서 보여주는 바와 같이 일반 산업용에서 사용하는 힐티 볼트는 개당 가격이 약 100달러이다. 그러나, 안전등급 품질 검증을 위한 한 권의 품질 보증 검사서 및 기기 재질 관련 보증서가 첨부되어 원전 안전등급에 사용되면 10배 높은 가격인 1,000달러가 된다.



[그림 1] 힐티 볼트 안전등급 품질 검증을 위한 한 권의 품질 보증 검사서

기존 장비는 노후화 문제 때문에 더 나은 최신 SSC 장비로 교체되어야 하나, 규제기관의 승인,

품질 보증, 기기 검증 등 교체를 어렵게 만드는 요소들이 있다. 따라서, 기 불확실성과 위험을 피하고자 설치된 안전등급 장비를 역엔지니어링을 통해 기존 요구 사항에 따라 새로운 SSC 장비로 교체하기 위해서는 큰 노력이 필요할 것이다.

1.2. 현황

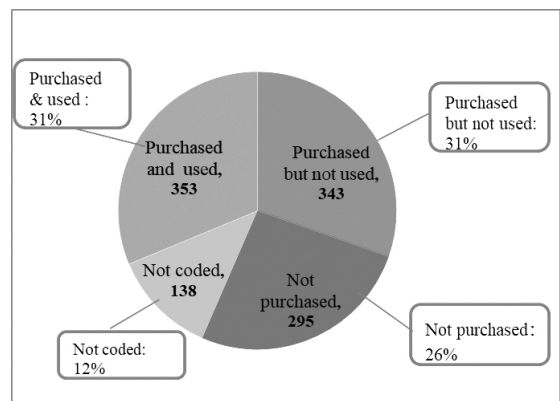
매일경제신문 2020년 9월 20일 자 신문¹⁾ 발표에 의하면, 에너지 공기업들이 5,000억 원 가까이 들여 구매한 예비품을 상용치 않고 장기간 보관하고 있다. 해당 공기업들이 3년 이상 쓰지 않고 보관해 온 자재(이하 장기 미사용 자재)는 총 166만 6,302개이며, 이를 구매하는 데 든 비용은 총 4,633억 7,600만 원으로 집계되었다고 발표되었다. 장기 미사용 자재는 즉시 활용하지는 않으나 훗날 사용할 것을 대비해 모아 놓는 재고 개념으로, 각 기관은 아래와 같이 장기간 예비품을 저장하고 있다.

- A사 : 117만 6,380개
- B사 : 33만 7,495개
- C사 : 4만 4,988개
- D사 : 4만 3,911개

A사와 B사의 장기 미사용 자재만 전체의 90%가 넘으며, 5년 이상 보관 중인 예비품은 131만 7,067개로 80%에 달한다. 미사용 기간별로 살펴보면 5~10년 미만인 87만 6,523개로 52.6%를 차지하며, 10년 이상도 44만 544개로 26.4%

나 된다. 5년 이상 사용되지 않은 예비품은 4,089억 3,400만 원으로, 이 가운데 A사가 지출한 비용만 3,309억 3,900만 원으로 70.0%의 압도적인 비중을 점했다.

통상적으로 원전의 핵연료 교체 및 점검 주기가 12~18개월인 점을 고려하면, A사가 5년 넘게 사용하지 않은 예비품을 3,300억 원어치 넘게 보유 중인 것은 구매 및 재고 관리 시스템이 제대로 작동하지 않은 결과라고 생각되며, 보유한 예비품의 구매 비용도 손실이지만, 사용되지 않은 예비품 보관을 위한 유지비용도 상당할 것이다. 지속해서 온도, 습도를 검사해 예비품이 최상의 품질을 유지하도록 환경조건을 맞추어야 하므로, 이를 위한 인건비, 자재창고 유지비 등 부수적인 비용도 상당할 것으로 예상된다.

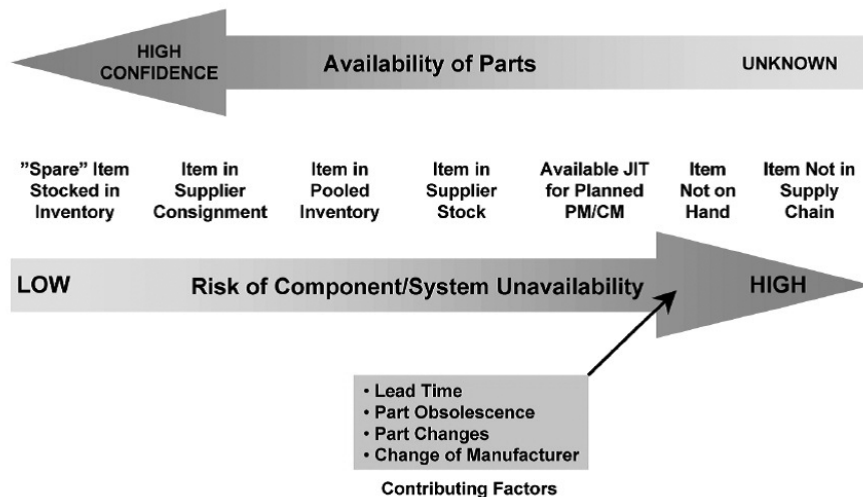


[그림 2] 중국 CGN 원전의 예비품 관리 현황(2014~2016년)²⁾

중국도 상황이 비슷하다. 예를 들면 중국광핵 그룹(CGNC, China General Nuclear)은 운영

¹⁾ 출처: <https://www.mk.co.kr/news/business/view/2020/09/996361/>, 에너지 공기업, 오래 방치해 사용 못하게 된 자재만 5천억원어치, 매일 경제, 2020. 09. 27

²⁾ 출처: Qiquan Zeng' 발표, CGNPC - IAEA technical meeting on spare parts management in NPPs, 6 - 9 June 2017 at SNERDI, China



[그림 3] 예비품의 불가용에 따른 위험도와 필수 예비품 이용도 간 관계

중인 13개 원전에 대한 예비품 구매 비용은 최대 47백만 달러에서 최저 35백만 달러이며, 평균적으로 4천만 달러가 매년 예비품 구매에 소요되었다. [그림 2]와 같이 구매 예비품 중 31%는 사용하지 않은 상태로 자재창고에 보관 중이며, 31%(3억 5천 3백만 위안)만 사용되었음을 보여준다.

1.3. 국내 원전의 예비품 관리

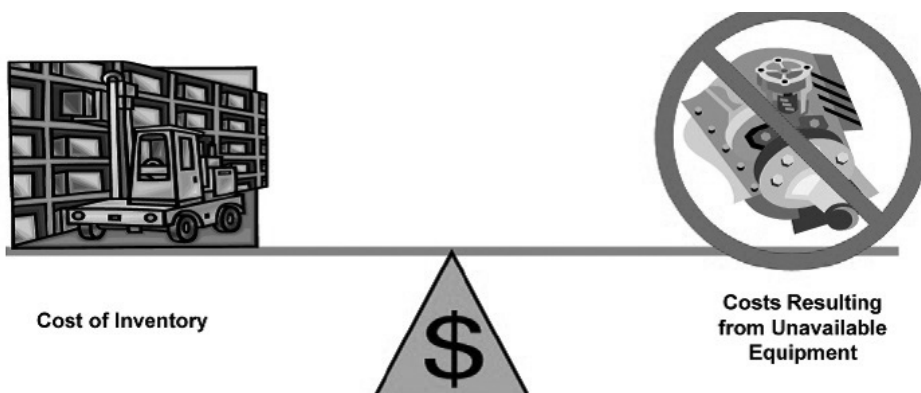
현재 국내 원자력발전소 운영 중 필요한 기기의 정비를 위해 국내외에서 구매하는 예비품에 대한 소요는 발전소별로 또는 사전 책정된 정수(Inventory)를 기준으로 전산시스템에서 청구된 물량에 따라 자재 소요량 계획(MRP, Material Resource Programming) 구매시스템을 도입하는 방식으로 충족하고 있다.

그러나, 각 기기의 운영에 필요한 예비품의 최적 정수(Inventory)가 산출되지 않은 상태에서 자재 소요량 계획 구매시스템을 활용할 경우 발전소 예방정비 일정과 필요 소요량과 관계없이 일괄적으로 구매 청구가 이루어져 불요불급한 자재 조달을 초래하고, 이로 인한 인력 및 예산 낭비로 이어지며, 발전소별로 재고 관리도 적절하게 수행되지 않는 등 문제점이 발생할 수 있다³⁾.

[그림 3]은 예비품을 어디에 보관하는지, 발전소 자재창고에 있는지? 아니면 공급자의 자재창고에 있는지? 등에 대한 예비품 가용도와 위험도의 상관관계를 보여준다⁴⁾. 위험도를 낮추기 위해 예비품을 발전소 내 자재창고에 보관하는가 하면, 예비품 이용에 대한 신뢰도는 높고, 위험도는 낮지만, 구매 비용과 자재 관리 비용이 증대할 것이다.

³⁾ 출처: 공개특허10-2008-0026336, 원자력발전소 예비부품 분류 및 최적정수 산출 장치 및 그 방법

⁴⁾ 출처: Critical Spares Program Implementation and Lessons Learned EPRI- 3002010685, Final Report, November 2017



[그림 4] 예비품 구매, 관리 비용과 기기의 고장으로 인한 손실 비용

원자력발전소 운영 및 유지보수에 필요한 자재관리에 중요한 예비품 정수의 최적화를 위해 원자력발전 분야는 물론이고, 여러 산업 분야에서도 여러 정수 최적화 모형이 적용 및 수행되고 있다. 해외 원전에서는 예비품 정수 산정을 위해 생산 및 운영 관리 분야의 고전적 모형인 경제적 주문량(EOQ, Economic Order Quantity) 모형을 사용하고 있으며, 원자력발전소와 같은 특수성을 고려해 EOQ를 개량한 '개량된 경제적 주문량(Advanced-EOQ)'모형도 사용하고 있다.

한국수력원자력(주)(이하 한수원)은 발전소 운영에 필요한 자재를 정비자재, 일반자재, 건설자재로 분류하고 있으며, 정비자재는 다시 1) 정수(Inventory) 대상 품목, 2) 비정수 대상 품목, 3) 비자재 소요량 계획 품목으로 분류한다. 그러나, 정수대상 품목 선정에 대한 명확한 기준이 정립되어 있지 않아 각 원자력발전소에서 산정된 정수에 따라 구매하는 실정이다.

이러한 재고관리 시스템 중에서 원자력발전 분야에서는 1) 가동율을 최적의 수준으로 유지하기 위한 과거의 고장률, 2) 사용빈도, 예비품 저장 기간(Shelf life), 3) 자재 조달 기간 등의 자료를 근거로 수학적 기법을 통해 예비품으로 관리해야 할 대상 품목의 수를 적용·예측한다. 이는 불요불급 예비품의 재고를 최소화함으로써 원전 운영의 경영합리화를 달성하게 하는 활동이다. [그림 4]와 같이 예비품 구매 비용과 주요 기기의 불용으로 발생하는 비용 관계가 균형을 이룬다면 가장 합리적일 것이다.

2. 예비품의 재고 관리 모델

예비품이 부족하면 불시에 발생할 수 있는 시스템 과도 현상으로 발전소 운영 및 안전 측면에 영향을 미칠 것이다. 운전 측면에서는 비상시 사용 가능한 예비품을 보관해 가동정지 시간을 최소화해야 한다. 그러나 예비품의 과도한 재고

는 부품 조달 비용의 과도한 지출과 예비품 구매 및 관리 비용 증가로 이어져 관리의 비효율성을 초래해 사업자에게 경제적인 부담을 준다. 또한, 과거에 우선순위 설정에 따라 조달된 예비품이 한도를 초과해 각 발전소 자재창고에 축적되고 있다.

2.1. 재고 관리의 일반적 방법

이 두 방정식의 균형을 유지해 비용을 최소화하고, 필요한 예비품을 보관해 특정 수준의 신뢰를 제공해야 한다. 1990년대 초부터 원자력시설은 운영 경비 절감을 목적으로 예비품 구매를 위한 공개적인 경쟁 체제를 도입했다. 이전에는 사업자의 예비품 관리 전략에서 안전과 기기 신뢰성이 가장 중요한 두 요소였지만, 예비품의 국내 생산을 통해 구매경비를 절감하는 것도 동등하게 고려되었다.

예비품의 재고 관리 전략에는 세 가지 기본 요소가 있다.

- 1) 예비품을 구매량
 - 2) 주문 시기
 - 3) 공급망의 효율성을 유지하기 위한 관리 방안
- 불용하는 예비품 최소화와 예비품 구매 최적화를 위해 시스템 엔지니어는 아래와 같은 지식이 필요하다.
- 계획된 유지보수 작업에 필요한 정확한 기기 관련 지식
 - 계획되지 않은 작업에 필요한 정확한 기기 관련 지식

- 재고 정책 및 재주문 매개변수
- 엔지니어링 및 기타 특수 품목의 공급 가능 기간
- 보관 중인 예비품에 대한 세금 부과
- 기업 자산관리 시스템에서 사용하는 절차에 따른 예상 수요계획 및 재주문 요청 시작

일반 제조업체는 Just-In-Time(적기 공급)과 같은 개념을 사용할 수 있다. Just-In-Time 시스템이 적용되기 위해서는 같은 품목을 대량으로, 그리고 정기적으로 반복 구매한다는 근본적인 조건을 충족해야 한다. 본질적으로 Just-In-Time 납품에는 제조업체의 책임감이 뒤따라야 한다.

그러나, 일반적으로 원전 운영 및 유지관리 환경에서 교체 부품과 같은 엔지니어링 품목은 종류는 여러 가지이지만 불규칙한 간격으로 소량 구매가 이루어진다. 공급업체는 엔지니어링 품목을 계획된 유지보수보다는 수요에 따라 교체하면서 제조한다.

2.2. 수요에 대한 이해

윌슨(Wilson)의 공식에 따라 EOQ를 계산하기 위한 것으로, 재고가 많이 쌓일수록 비용이 증가한다는 의미이다. 재고가 없으면 비용이 발생하지 않지만, 재고를 늘리면 재고 소유에 따른 비용이 증가한다. 이 현상은 [그림 5]에 표시된 (a)선과 같다. 반면에 주문량이 적으면 예비부품의 단위 가격은 증가한다. 부품 1,000개를 구매하는 경우 1개씩 1,000번을 주문하는 것보다



1,000개 부품을 한 번에 주문하는 것이 훨씬 유리하다. 중요한 점은 두 곡선의 교차점을 발견하는 방법이다. 교차점은 부품의 유지 관리를 위한 비용과 주문비용을 고려한 최적의 유지부품 물량을 나타낸다. 이 모형은 연간 재고 유지비용과 주문비용의 합을 최소화하는 1회 주문량을 구하는 모형으로, 이때 주문량의 크기를 경제적 크기(Economics of Size)라고 한다.

EOQ를 알기 위해서는 유지비용과 주문비용이 어떻게 구성되는지 살펴봐야 한다.

$$\begin{aligned} \text{유지비용} &= \text{평균 재고량} \times \text{단위당 연간 유지비용} \\ &= (1\text{회 주문량} \div 2) \times \text{단위당 연간 유지비용} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{주문비용} &= \text{주문당 고정비} \times \text{주문횟수} \\ &= \text{주문당 고정비} \times (\text{연간 사용량} \div 1\text{회 주문량}) \end{aligned}$$

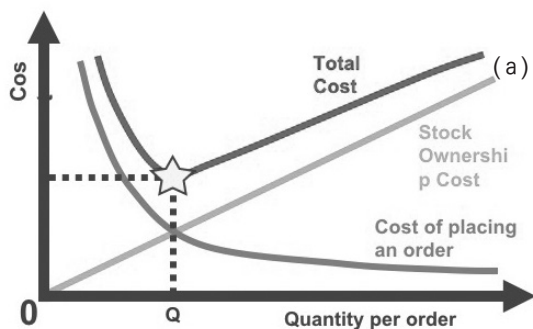
유지비용과 주문비용이 같은 곳이 최적 재고 주문량에 해당하므로, 두 식이 등식으로 성립할 때가 최적 주문량인 'Q'가 된다. 즉,

$(1\text{회 주문량} \div 2) \times \text{단위당 연간 유지비용}$
 $= \text{주문당 고정비} \times (\text{연간 사용량} \div 1\text{회 주문량})$
 위의 등식을 풀어서 1회 주문량을 구하면 되는 것이다. 위의 등식을 정리해 간단하게 나타내면 다음과 같다.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2D * CO}{SC}}$$

여기서, D는 Demand or consumption(D),

CO는 Order placement cost, 그리고 SC는 Stock ownership cost를 의미한다.



[그림 5] 윌슨(Wilson)의 경제적인 물량 주문 공식
(Economic Order Quantity Formula)

2.3. 경제적인 물량 주문의 문제점

EOQ 모형을 사용하면 주문비용과 유지비용을 이용해 간단하게 최적의 주문량을 구할 수 있다는 장점이 존재하지만, 그 외 여러 요소를 간과하면서 발생하는 오류가 있다는 단점이 존재한다. EOQ 사용을 위해 '가정'으로 생각한 조건에는 아래와 같은 문제가 있다.

- 재고가 있다면 꾸준히 일정하게 사용되어 결국에는 수량이 '0'이 된다.
- 재고가 '0'이 되면 주문을 통해 보충한다.
- 꾸준히 일정하게 팔리므로, 연간 재고 사용량이 정확히 파악되고 있다.
- 주문한 재고 물품들은 한꺼번에 도착한다.
- 재고 부족 현상은 발생하지 않으며, 주문시 일정한 기간 내에 확실하게 도착한다.

그러나 실제로는 갑작스러운 수요 상승 등으로 재고 부족이 나타날 수 있고, 그로 인해 가격이 급등할 가능성도 있다. 가격이 급등하면 유

지비용은 그대로인데 주문비용이 증감하기 때문에 차라리 유지비용을 더 쓰더라도 이전에 더 많은 수량을 주문해 놓았으면 총비용이 더 적어질 수도 있을 것이다.

또한 재고 사용량을 정확히 파악하려면 꾸준히 일정하게 사용되어야 하는데, 실제로는 발전소 운영 및 기기 신뢰도에 따라 재고품 사용량이 늘었다가 줄었다가를 반복하게 된다. 즉 예비품을 구매했는데 전혀 사용되지 않아 유지비용만 증가할 가능성도 있다.

따라서, EOQ의 최적 재고주문량 방식은 주문량과 유지비용 두 가지만 고려한다면 논리적이면서도 간단하게 사용할 수 있는 좋은 방법이지만, 원전 운영과는 거리가 있으므로, 구매 시에는 여러 가지 요소를 추가로 고려해야만 한다⁵⁾.

이를 보완하기 위해서는 확률적 접근 방식을 사용해 특정 기간 내 특정 구성 요소에 필요한 예비품을 계산하면 된다. 계산은 결함이 있는 부품 또는 구성품이 예비품으로 교체되고, 현장에서 수리되지 않는다는 전제 아래 계산된다. 이를 위해 푸아송(Poisson) 분포는 아래와 같이 계산될 수 있다.

$$P_{spares}(S) = \sum_{k=0}^S \frac{(N \cdot \lambda \cdot T_R)^k}{k!} \cdot e^{-N \cdot \lambda \cdot T_R}$$

$P_{spares}(S)$ = the probability of using spares

s = the largest number of spares available
 N = number of parts / component installed

k = index variables for the number of spares used

λ = failure rate of the assembly

T_R = the replenishment time

결과적으로 계획된 정기 및 불시 유지보수 작업의 요구 사항을 분석하고, 안전 수준과 경제적인 주문 수준의 상관관계를 분석해 예비품 구매 조달 관리 정책을 결정해야 한다.

2.4. 재고 관리 프로그램의 구성

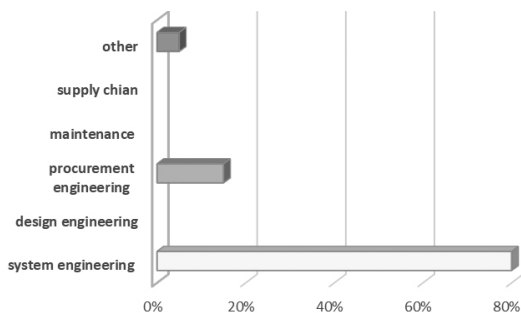
재고 관리 프로그램을 최적화할 때는 필수 예비품과 일반 예비품을 구분해야 하고, 분류에도 주의를 기울여야 한다. 필수 예비품 선정 기준은 다음과 같다.

- 원전을 불시 정지하거나 안전성을 위협할 수 있는 부품
- 보수 작업을 정해진 시간 내에 할 수 없어 원전이 불시 정지될 가능성이 있는 부품
- 예비품 구매 및 공급을 위한 기간이 길어지고, 원전의 안전과 생산에 부정적인 영향을 미칠 수 부품

[그림 6]과 [그림 7]은 미국 내 25개 원전 운영사를 대상으로 필수 예비품과 관련한 설문조사

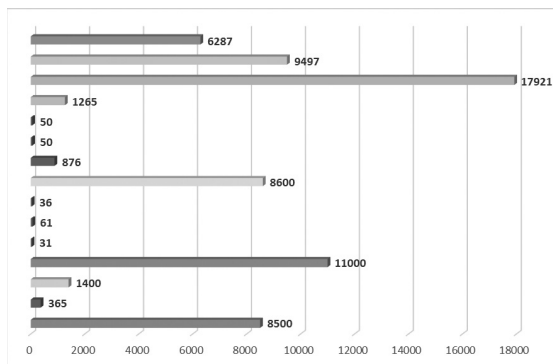
⁵⁾ 출처: <https://silvernecklace.tistory.com/471>

내용 일부를 보여준다.



[그림 6] 필수 예비품(critical spare parts) 선정 부서

- 1) 누가 필수 예비품으로 결정하는가? 아래 그림에서 보여주는 바와 같이 시스템 엔지니어링(system engineering) 부서에서는 예비품의 기능, 발전소 운영 등을 고려해 필수 예비품을 결정한다.
- 2) 일반적으로, 원전 호기당 선정되는 필수 예비품 수량은 원전마다 크게 다르다. 많게는 17,921개의 예비품을 필수 예비품으로 결정하는 원전이 있는 반면, 100개 이하를 결정한 원전도 있다.



[그림 7] 필수 예비품의 선정 및 개수

필수 예비품의 개수는 원전마다 다르며, 이를

요약하면 다음과 같다.

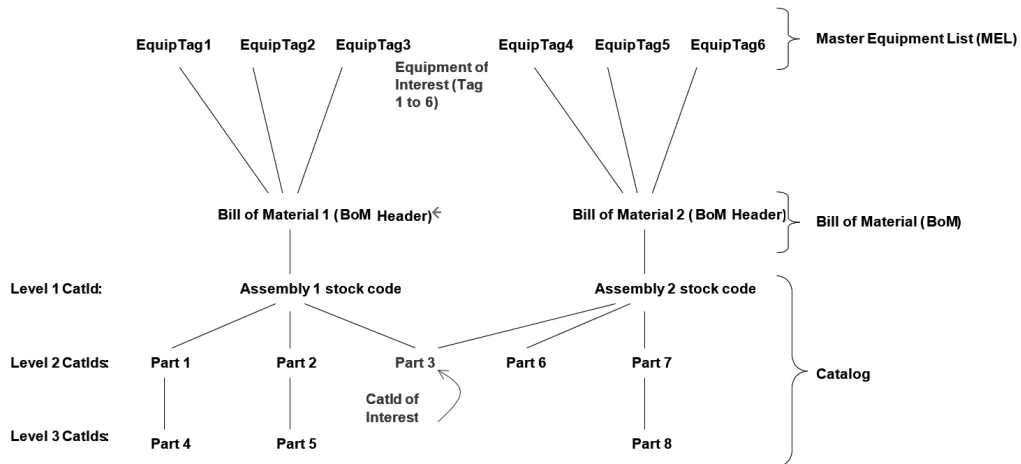
- 제작 기간이 장기로 소요되는 40~50개 정도의 예비품
- SPV(single point vulnerability) 관련 예비품
- 72시간 이내에 조치가 요구되는 계통의 예비품 또는 5% 이상 출력의 감발이 요구되는 필수 예비품(1)
- 72시간 이상 지연에도 문제가 없는 계통의 예비품 또는 5% 이하 출력감발이 요구되는 필수 예비품(2)

2.5. 예비품 인식카드(ID)

[그림 8]은 발전소 정비와 창고의 예비품 사이의 구조적인 관계를 명확하게 보여준다. 예비품 인식카드(ID)는 이전에 등록된 정보를 제공하는 고유의 참조 ID가있는 전자 태그이다. 이 데이터베이스에 포함되는 정보는 다양한데, 이는 상황에 따라 다를 수 있다. 데이터베이스 내 다수의 데이터는 사용자가 정보를 효율적으로 검색할 수 있도록 4개의 그룹으로 나눌 수 있다.

- 일반 정보
- 물류 매개변수
- 조달 매개변수
- 기술 정보

장비 태그, 카탈로그 IDS/재고 코드 및 Bill of Material (BOM) 간의 관계는 아래 [그림 8]에서 확인할 수 있다.



[그림 8] 기기 태그, BOM 및 저장 코드의 관계

2.5.1 일반 정보

일반 정보에는 예비품에 대한 기본적인 성질을 제공하는 정보가 포함된다.

- 예비 부품에 대한 일반적이고도 상세한 아이디어를 제공하는 그룹이다. ‘VA’가 밸브 제품군인 경우, ‘VA’로 필터링하면 창고 내 밸브와 관련한 모든 재료 목록이 표시된다. 더 자세한 정보를 제공하기 위해 때로는 하위 패밀리 목록도 추가된다. ‘VA’가 밸브 제품군이고, ‘AC’가 액추에이터 하위 제품군인 경우, VAAC로 필터링하면 자재창고 내 밸브 액추에이터와 관련한 모든 재료가 제공된다.

2.5.2. 물류 매개변수

데이터에는 예비 부품을 저장해야 하는 물류

매개변수를 기술되어야 한다.

- 저장 수준 : 각 예비 부품이 저장된 부분의 내구성을 보장할 유리한 조건에서 저장해야 한다. ANSI N45.2.2⁶⁾, ANS 3.2⁷⁾에 따라 일반적으로 A, B, C 또는 D로 식별되는 부품이 저장되는 상태를 나타내는 정보가 포함되어야 한다.
- 창고 정보 : 창고 내 저장된 창고 위치 정보
- 유지 보수 작업 : 예비품이 필요할 때 바로 사용할 수 있도록 예방적 유지보수 작업을 해야 하며, 해당 유지보수 기록이 유지되어야 한다.
- 유효 기간 : 시간이 지남에 따라 저하에 취약하거나 다른 구성요소로 구성된 경우 유효기간이 지나면 사용이 불가능하기 때문에 예비품이 부패하기 쉬운 지 여부가 기록되

⁶⁾ 출처: ASME - ANSI N45.2.2, Packaging, shipping, receiving, storage, and handling of items for nuclear power plants: QA cases.

⁷⁾ 출처: ANS 3.2 - Managerial, administrative, and quality assurance controls for the operational phase of nuclear power plants



어야 한다.

2.5.3. 조달 매개변수

구매 또는 주문 요청서를 발행할 때는 보유한 모든 정보를 구매담당자에게 제공해야 하며, 필요한 정보는 아래와 같다.

- 현재 재고량 : 창고에서 보관하고 있는 예비품 수량
- 사용 불가 재고량 : 기술, 문서 또는 손상으로 인해 창고에서 실시간으로 사용이 허가되지 않은 수량
- 안전 재고량 : 사후 유지보수를 위해 보관되어야 하는 예비품으로, 허가와 함께 사용
- 재주문을 고려한 수량 : 시스템 교체 또는 구매 시 구성요소 및 실패율 등을 고려한 예비수량
- 최대 재고량 : 자재 보관창고에서 항상 사용이 가능한 예비품의 최대 수량
- 평균 비용 : 발행된 주문 내역에 따른 예비품 구매의 평균 비용
- 공급업체 : 지정된 예비 부품을 공급하도록 승인된 공급업체
- 예비품의 유형 : 재료의 특성에 따라 예비품, 소모품 등으로 구분

2.5.4. 기술 정보

예비 부품을 기술적으로 정의하는 최소한의 정보를 제안한다.

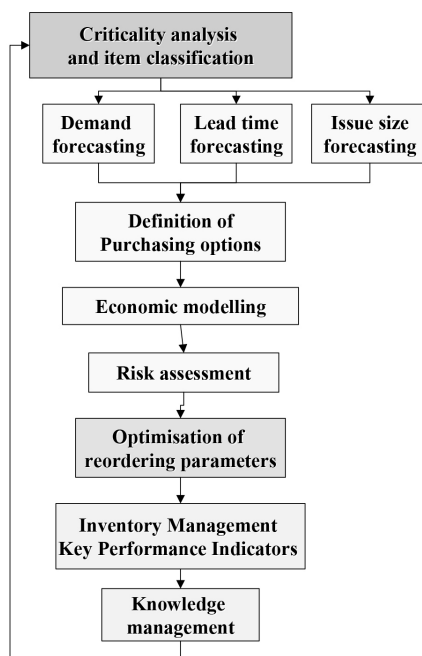
- 상세 설명 : 모든 관련 세부 사항이 정의된

자료 설명

- 제조업체 : 재료 제조업체의 이름 표시
- 모델 : 제조업체가 표시한 모델
- 도면 : 도면에 자세히 설명된 부품 또는 예비 부품에는 부품 번호가 기재되어야 함
- 부품 번호 : 세트 내에 공급된 부품이 있으면 공급업체가 고유한 참조로 표시함
- 사양 : 구매 요구사항이 있는 기술사양을 기재하고, 비 안전 관련 부품, 안전 관련 사항 등 요구사항을 정의해야 함
- 품질 등급

[그림 9]는 필수 예비품의 정수관리 최적화 과정의 유통도이다. 결과적으로 예비품에 대한 물

Flow diagram of inventory management optimisation process



[그림 9] 정수관리 최적화 유통도

류, 조달 및 기술정보에 대한 지식관리가 필요한 것을 유통도에서 보여준다.

2.6. 전자 태그를 이용한 예비품 관리



[그림 10] 전자태그(RFID) 시스템을 이용한 예비품 재고관리

한수원은 2006년부터 전자태그(RFID, Radio-Frequency Identification) 자재 관리 시스템을 구축 완료하고, 4개 원전 본부에 저장 중인 약 12만 개 보유 자재에 대해 통합적 안전 관리를 하고 있다. 이 시스템은 등록된 자재의 고유 정보를 무선인식을 통해 분류, 활용함으로써 원전 개별자재의 수명과 사용 이력을 관리한다. 전자태그 시스템은 갑작스러운 유지보수 작업 시 신속한 자재공급이 가능해 원전의 신뢰도를 높일 수 있다.

2.7. 중국 CGN의 예비품 관리 방안

중국 CGN은 주요 노후기기 문제를 역엔지니어링, 통합 구매 및 일반 산업용 기기 전용을 통해 완전히 해결했다.

점점 심각해지는 기기 노후화로 인해 예비품

주요 기기	해결 방안	추진 방안
Bailey 9020 지시대	역엔지니어링 (Reverse Engineering)	· 역엔지니어링을 통해 안전등급 I&C 계측기기 제작
Siemens V23 계열 안전 관련 릴레이	상용기기의 원전에 적용 (Commercial grade dedication)	· TYCO 상업용 릴레이를 선택해 시효경화, 기기 검증 검사를 통해 원전에 적용 · 설계, 제작, 기기 검증을 통합, 실시
SEC 펌프의 shell	역엔지니어링 (Reverse Engineering)	· 중국 펌프 제작사의 능력향상을 통해 안전등급 기기의 국산화 성공
K1 lever T3 안전등급 온도 탐침기	대체 방안	· 신기술을 이용해 노후화 문제를 해결

이 많이 필요할 것이다. 그러나, 문제는 예비품 관리방법이 선진화되지 못하고, 기존 방법을 사용함에 따라 모순이 발생하는 것이다. 즉, 사용치 않은 예비품은 쌓여가고, 모자라는 예비품은 항상 모자라게 되는 것이다. 따라서 적절한 관리 방법이 적용되지 않는다면 원전 유지보수와 일상 운전에도 영향을 미칠뿐만 아니라 엄청난 비용을 발생시킨다. 그 예는 다음과 같다.

해당 부품	해결 방안	추가적인 비용 발생(RMB)
안전주입펌프 전원 장치 공급 단절	재생산	재생산을 위해 기기공급자에 5.6백만 위안 지불(예비품 미포함)
A325/A326 보호 지시대 공급 단절	재생산 및 통합구매	단위 기기의 가격이 두 배로 상승, 매년 구매 비용 2백만 위안 증가
600 계열 트랜스미터의 공급 단절	재생산	단위 기기의 가격이 1천 2백만 위안에서 4천만 위안으로 상승하고, 연간 백만 위안 정도 지속해서 상승



3. 예비품의 위조품 판별

3.1. 일반적 사항

예비품의 위조는 품질보증 과정을 통해서는 감지하기가 어렵다. 위조품은 정상 운전 시에는 문제가 없을지라도, 사고 발생시에는 부품에 최대 스트레스가 가해져 안전 관련 결과를 초래할 수 있다. 위조품이 발생하는 이유는 일단 공급자가 제한적이기 때문이다. 정상 제품이 품질보증 과정을 거치면 이익이 적어지기 때문에 제품 생산과정에서 각종 검사 등의 문서화 작업을 수행치 않고 제품을 생산하는 것이다.

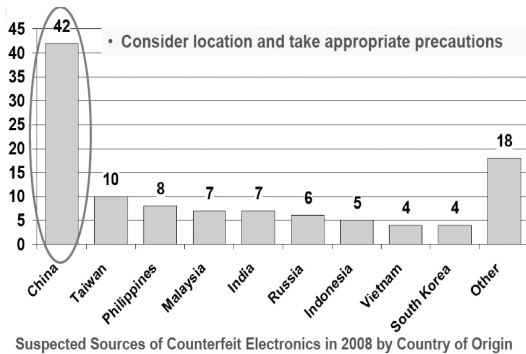
위조품과 정품과의 단가 차이가 엄청나서 위조자에게는 상당한 이윤이 발생재정적 혜택이 있으며, 구분 자체가 확인하기 어렵거나, 일반적으로 확인하는 과정이 생략되어 있는 경우에 위조품이 나타날 가능성이 더 크다. 또한, 기술 사양이 잘못 정의되어 요건이 충족되었는지 확인하는 방법이나 기준도 부적절하다. 시간적인 여유가 없어 해당 품목의 긴급 교체가 필요할 때는 공급업체 자격이 신속하게 처리되어 공급할 수 있다. 결과적으로, 생산자 조직 내에 강력한 안전 문화가 부족하다.

보다 자세하게 검사하는 방법은 명판, 라벨 또는 태그가 변경, 복사 또는 도장된 상태, 그리고 라벨 위치와 부착 방법을 확인하는 것이다. 또한, 위조품에는 데이터가 불완전하게 표시되어 있거나 빠져있다. 또한 위조품에서는 아래와 같

은 사항이 발견된다.

- 예비품의 외부 표면에 흠집 흠집이 있다.
- 과도한 도장 또는 와이어 브러싱, 핸드 페인팅(터치 업), 스테인리스 스틸 도장 등 수리 또는 제조 과정에 명백한 위조시도가 보인다.
- 수제 부품으로 여겨진다. 개스킷의 얇은 금속 부품 모서리는 기계가 아닌 수작업에 의한 절단하고 뒤처리한 것이 보여진다.
- 패스너 또는 기타 어셈블리 부품에 수공구로 조립한 표시가 난다. 나사 또는 볼트 헤드에 거친 자국이 있거나, 7개 또는 8개의 볼트는 동일한 재질이며, 하나는 다른 재질이다.
- 조립된 품목이 제대로 맞지 않다.
- 주조 표시가 지워지고, 다른 표시와 함께 레벨이 스탬프되어 있다.
- 구성이 동일한 공급업체의 다른 품목과 일치하지 않거나, 공급업체 문서 또는 도면에 표시된 구성과 다르다.
- 구성 요소 또는 품목이 비정상적으로 포장되어 있다.
- 공급업체가 제품을 취급하는 대리점이 아니다.
- 품목의 치수가 구매 주문서에서 요청한 사양 및 배송 시 공급업체가 제공한 규격과 일치하지 않는다.
- 의심 공급업체의 불법 브로커가 인터넷을 통해 판매한다⁸⁾.

⁸⁾ 출처: EPRI-3002002276 (Plant Support Engineering: Counterfeit and Fraudulent Items)

[그림 11] 각국에서 공급되는 위조품의 비율¹⁰⁾

3.2. 정품이 아닌 징후에 대한 문서 검사

공급 문서에는 다음과 같은 징후가 발견될 수 있다⁹⁾.

- 잉크젯 프린터를 사용했을 때 나오는 잉크 얼룩이 있을 수 있다. 또한, 수정액 또는 테이프를 사용한 흔적이 있다.
- 글꼴 크기와 유형이 일치하지 않는다. 서명과 이니셜이 빠져있거나, 극히 희미하게 복사되어 있다.
- 문서 상의 원본 서명이 이미지 파일 등 전자적으로 추가된 것으로 보인다.
- 하나 이상의 기술 값이 일치하지 않는다(예 : 화학적 및 물리적 특성이 서로 일치하지 않거나, 적용 가능한 사양 요구 사항과 일치하지 않음).
- 적용 가능한 코드 또는 표준 요구 사항이 일치하지 않는다(예 : 필수 테스트에 대한 결과가 제공되지 않거나, 문서에 필요하지 않

- 거나 적용할 수 없는 테스트가 표시됨).
- 시험 결과 또는 일반적으로 변동이 예상되는 품목 간 열, 로트 또는 배치 번호가 동일하다.
 - 문서에 수령 품목에 대한 추적성이 불분명하게 나타난다. 또한, 조달문서에 필요한 문서가 제공되지 않으며, 비정상적인 형식이다.



[그림 12] 밸브 정품(위쪽)과 모조품(아래쪽)

위쪽의 밸브는 '1'상표가 주물로 되어 있으나,

⁹⁾ 출처: EPRI 1021493 (Plant Support Engineering: Counterfeit and Fraudulent Items- A Self-Assessment Checklist)

¹⁰⁾ 출처: U.S. Department of Commerce Bureau of Industry and Security Office of Technology Evaluation Defense Industrial Base Assessment: Counterfeit Electronics, January 2010



아래쪽의 밸브는 용접을 통해 L상표가 제작된 후 마모를 통해 빛나는 것을 볼 수 있다.

4. 4차 산업혁명 기술을 이용한 원전기자재 공급망 확보

4차 산업혁명 시대에 기술의 핵심은 기술 간 융합을 통한 스마트 기술의 발전이다. 스마트 기술에는 디지털화를 기반으로 4차 산업혁명의 중추적인 기술인 사물인터넷(Internet of Things), 로봇공학, 3D프린팅, 빅데이터 및 인공지능(AI) 등 5대 기술의 융합이 적용된다. 이러한 융합기술을 도입해 원전 기자재 공급망을 획기적으로 개선하고 안정적으로 공급하고자 한다.

원전 공급 기자재는 소량 다품종으로 기술기준에 따라 제작되어 엄격한 품질관리 및 품질보증의 절차를 거쳐 안전등급 및 비안전등급을 받고, 원전 가동 후 최소 50년 이상 안정적으로 공급되어야 한다. 그러나 기자재를 공급한 업체는 시장 규모가 작아져 경제성이 사라지거나, 기술의 급격한 진보로 오랜된 기술을 보관할 수 없으므로, 기자재를 공급하기 어려운 경우가 발생한다.

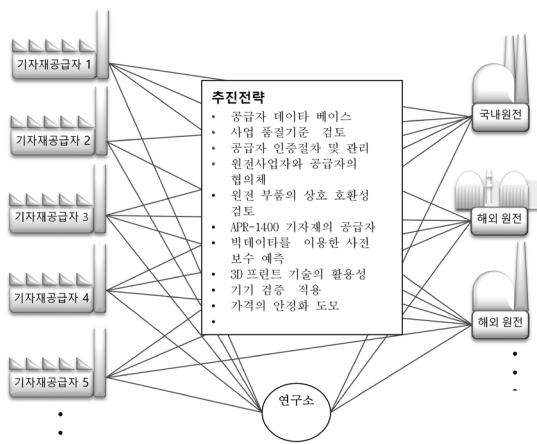
- 공급업체가 업종을 변경해 존재하지 않거나,
- 존재하나 관련 기자재를 공급치 않는 경우
- 기자재를 공급한다고 하더라도 공급가격이 급등하거나 적정가격의 공급이 어려운 경우도 있다.

4.1. 4차 산업혁명 기술 이용

기존의 방법으로는 부품 가격의 상승, 부품 공급사의 공급 가능 예측성이 현저하게 떨어지므로 4차 산업 혁명 기술을 이용하고자 한다. 예를 들면 다음과 같다.

- 빅데이터를 이용해 사전예방 정비를 위한 원전 부품의 필요시기와 필요한 양을 예측하고,
- 국내 원전 및 해외 원전의 기존 기기 데이터 베이스를 활용해 각 원전의 부품 호환성, 부품 저장 정도를 확인하며,
- 3D프린팅 기술을 이용해 부품을 제작하고, 기기 검증을 통해 품질을 보증받으면 원전 공급망을 지속적으로 유지할 수 있을 것이다.

원전 기자재와 일반 산업용 기자재의 차이는 지진 및 방사능에 대한 내진, 내구성이다. 이러한 차이는 기기 검증을 통해 해결될 수 있다. [그



[그림 13] 기자재 공급자와 국내의 원전의 기자재 공급망 추진전략

림 13]은 기자재 공급망의 안정적 공급을 위한 연계전략이다.

4.2. 3D프린터 출력의 장점 및 단점

3D프린터는 '3차원 도면을 3D프린팅 언어로 변환시킨 후 기기에 맞는 재료를 사용해 적층하는 방법으로 3차원 물체를 만들어내는 기술'이다. 아무것도 없는 상태에서 물체를 만들기 위해서 한 층씩 쌓아간다는 의미에서 3D프린터의 공식 명칭은 'AM(Additive Manufacturing, 적층 가공)'이며, 이 명칭은 미국재료시험학회(ASTM, American Society for Testing and Materials) 및 ISO에서 쓰이고 있다. AM은 빠르게 시제품을 만든다는 의미에서 'RP(Rapid Prototyping, 쾌속 조형기)'로도 불린다.

3D프린터의 가장 큰 장점은 사용할 수 있는 제작 장비 중 저렴하다는 것이다. 기존 방식인 사출형성(금형)은 초기에 금형을 제작해야 하므로, 소량 제품 제작에도 큰 비용이 들지만, 3D프린터는 초기 생산비용이 매우 낮기 때문에 '다품종 소량 생산'에 가장 적합한 기기라고 할 수 있다.

- 1) 시제품의 제작 비용과 시간이 덜 들어가며,
- 2) 제작 공정이 단순하고, 출력하는 동안 작업자가 필요하지 않아 인건비가 많이 줄어든다.
- 3) 부품 제작, 조립이 아니라 일체형으로도 제작이 가능하며,
- 4) 3D프린터의 플랫폼(베드) 사이즈가 허락한다면 다수의 제품을 한 번에 제작할 수 있으므로, 제작시간이 그만큼 많이 절감된다.

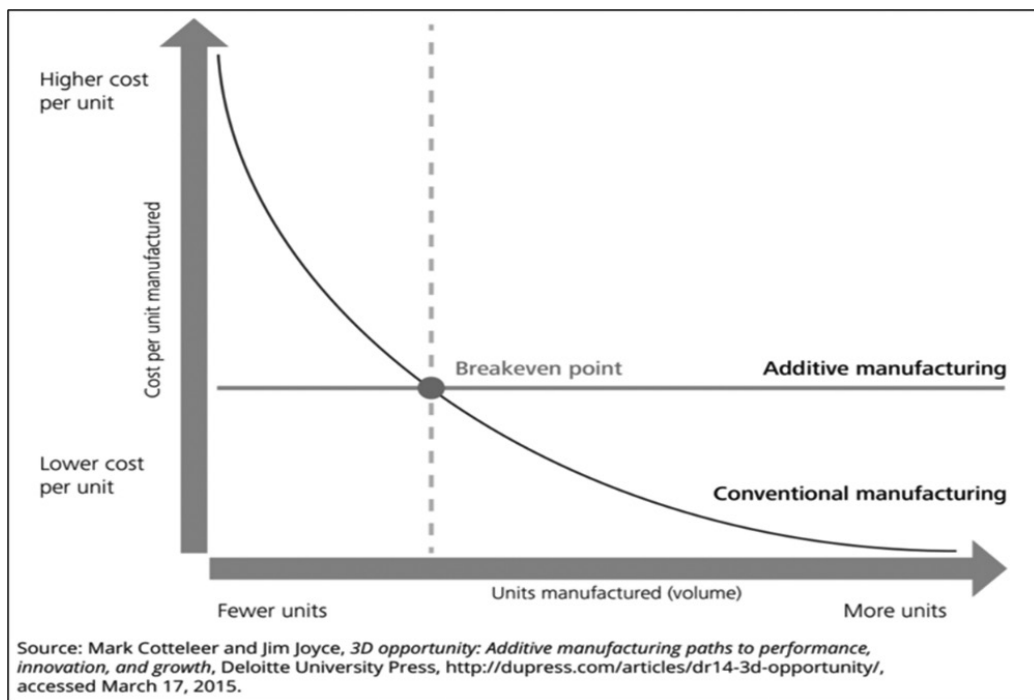
3D프린터 출력의 단점은

- 1) 조형 속도가 느리고, 큰 제품은 분할해 출력 후에 조립해야 하며,
- 2) 표면의 조도가 마음에 들지 않을 수 있고,
- 3) 아직 재료가 한정되어 있고 고가인 경우가 많다는 것이다.

모든 산업을 통틀어 3D프린팅을 직접 생산에 가장 성공적으로 활용하고 있는 기업은 GE이다. GE는 장기간에 걸친 연구 끝에 2013년부터 3D프린터로 출력한 부품들을 실제 항공 엔진에 적용하는 실험을 시작했다. GE가 3D프린터로 만든 부품 중 가장 대표적인 사례는 GE90-94B 엔진에 포함된 25센서 보호용 부품(25 sensor housing)과 차세대 EAP 엔진에 포함된 연료 노즐(Fuel nozzle)이다. 이 연료 노즐은 구조가 복잡하기 때문에 기존에는 25개의 서로 다른 세부 부품들을 조립해서 만들었다. 3D프린터를 도입한 뒤로 하나의 부품으로 출력해 불필요한 조립 과정을 줄일 수 있었다. 현재는 3D프린터로 출력한 부품이 장착된 EAP 엔진의 성능을 시험해 GE는 차세대 EAP 엔진을 2016년부터 서비스를 제공하고 있다.

4.3. 원자력 기자재 분야의 3D프린터 활용

고온 합금 및 내화 금속으로 만든 원자로 부품의 설계 및 제조를 위한 새로운 적층 제조 기술은 미국의 Oak Ridge National Laboratory(ORNL)社와 BWX Technologies(BWXT)社가 공동으로 개발했다. 이러한 구성 요소는 사고 방지 연료봉



[그림 14] 3D프린터를 이용한 경우 생산 개수와 비용 상관관계

만 아니라 현재 및 개량형 원자로에서 응용 분야를 찾을 수 있다.

BWXT 금속 반응기는 매우 높은 온도에서 작동하도록 설계되었으며, 금속에 합금을 추가해 부품을 제조할 수 있는 능력을 개발했다. BWXT는 2018년 4월 미국 에너지부의 연구 기금 540만 달러를 받아 ORNL과 협력해 이종 금속 간 적층기술을 개발했으며, 코드/기술기준이 요구하는 재료 구조 및 강도를 제공해 원자로 내부 구조물도 제조할 수 있다고 발표했다. 또한 원자로 내부 구조물을 위해 니켈 기반 초합금 및 내화 금속 기반 합금을 적층 제조할 수 있는

능력을 입증했다.



적층 제조 기술은 기존의 제조 기술로는 불가능한 모양을 만들 수 있어 원자력 산업에 변화를 가져올 것이라고 BWXT는 생각하고 있고, 고온 초합금 및 내화 금속을 적층 제조하는 능력을 검증함으로써 예비품 공급에 즉각적인 영향을 미칠 수 있을 것이다¹¹⁾.

프라마툼(Framatome)社가 3D프린팅 기술을 사용해 제작한 핵연료 집합체 부품이 스위스의 괴스겐(Gösigen) 원전에 장입되어 첫 번째

¹¹⁾ 출처 : BWXT announces advances in 3D printing of reactor components : New Nuclear - World Nuclear News (world-nuclear-news.org)



[그림 15] 차세대 EAP 엔진에 포함된 연료 노즐(Fuel nozzle)

주기를 완료했다. 스테인리스강 및 니켈 기반 합금 구성 부품은 2019년 1010MWe 가압경수로에 설치되었다. 프라마툼社は 피스젠 원전에서 방사선이 조사된 연료 요소가 실제 작동 조건에서 특성을 확인하기 위해 추가로 조사될 것이라고 말했다.

3D프린팅을 이용한 적층 제조 프로젝트는 2015년 독일 엘랑겐에 있는 프라마툼 본사에서 시작되었다. 스테인리스강 및 니켈 기반 합금인 핵연료 집합체 부품의 적층 제조에 중점을 두었다. 이 프로젝트에는 프랑스, 독일 및 미국 린드버그(Lindberg)에 있는 프라마툼 연료 실험실에서 실시되었다. 피스젠 원전의 원자력 기술책

임자인 Gaëtan Girardin은 “핵연료의 적층 제조가 제공하는 혁신과 기회에 매우 관심이 있다. 프라마툼은 가압경수로 및 VVER 원자로를 위한 핵연료 집합체 부품의 산업 제조를 위한 적층 제조를 시작할 계획이다. 또한, 이 기술은 테스트 부품 및 연료 생산라인 도구 제조, 반응기 내 연료 검사 및 수리 서비스 도구, 연구용 원자로 연료 집합체, 우라늄 금속 의료 대상과 같은 다양한 분야의 핵연료 응용 분야에도 사용될 수 있을 것이다¹²⁾”라고 말했다.

4.4. 3D프린팅 확산을 위한 선결 과제

3D프린팅은 전통적인 제조 방식을 완전히 대체하기보다는 개인 맞춤형 제품이나 복잡한 디자인의 제품 생산에 제한적으로 활용될 가능성이 크다. 시제품 제작에서 한 단계 진화한 셈이다. 그렇지만 3D프린팅이 특정 영역에서 자리를 잡기까지 극복해야 할 난관이 많다.

4.4.1. 3D프린터의 성능 개선

3D프린팅의 확산을 가로막는 가장 큰 걸림돌은 3D프린터의 성능이다. 이론적으로 3D프린팅이 기존 제작 방식과 비교하면 제품 제작에 유리한 영역은 분명히 있다. 그러나, 기본적인 제품의 조건을 충족시키지 못한다면 3D프린팅이 활용되기는 어렵다. 또한, 3D프린터의 느린 출력 속도는 생산성을 높이는데 걸림돌이 되고

¹²⁾ 출처 : 3D-printed fuel parts complete initial irradiation cycle : Uranium & Fuel - World Nuclear News (world-nuclear-news.org)



있다. 사출성형으로 플라스틱 제품을 제작했을 때, 하루에 약 2만 6천 개의 제품을 제작한 반면, 같은 시간 동안 3D프린터로 제작한 제품은 111개에 불과했다. 또한 현재 대부분의 3D프린터는 단일 소재로 제품을 제작하기 때문에 완제품 제작에 큰 제약이 따른다.

4.4.2. 소재의 다양성 및 가격 경쟁력 확보

3D프린터의 성능이 향상하더라도 제품에 적합한 소재를 사용할 수 없으면 활용이 불가능하다. 즉, 3D프린팅 활용 범위 확장은 새로운 소재 개발에 달려 있다고 해도 과언이 아니다. 최근 많은 기업이 플라스틱, 종이, 유리, 금속 화합물 등 다양한 소재 개발에 뛰어들고 있다. 3D프린팅에 사용되는 소재의 가격도 아직은 대량 생산 방식에 비해 비싸다.

4.4.3. 품질 관리 비용 축소

금속 3D프린팅 확산에 가장 문제가 되는 부분이 바로 출력 부품의 품질관리가 어렵다는 것이다. 특히 GE처럼 금속 소재를 활용해 제작한 부품을 신뢰성이 절대 필요한 엔진이나 발전기에 사용하는 경우 품질관리는 중요한 문제이다.

제품 품질을 보증하기 위해서는 3D프린터로 출력한 제품의 품질에 영향을 미치는 변수들이 무엇이고, 얼마나 영향을 미치는지 파악할 필요가 있다. 전통적인 제조 방식은 수십 년간 쌓아온 데이터를 바탕으로 이 관계가 수식으로 완성되어 있다. 즉, 활용 소재와 제조 방식을 알면 생

산 제품의 물성 결과를 예측할 수 있다. 그러나 3D프린팅은 새로운 제조 방식이기 때문에 소재와 프린팅 방식에 따라 어떤 물리적 성질을 갖는 제품이 출력될지 예상할 수 있는 데이터가 충분히 축적되지 않았다.

5. 향후 추진전략

가동 원전의 계속운전을 불허하는 현 정부의 에너지 전환정책에 따라 원전 예비품이 많이 늘어나면서 결국 불용 처리될 자재 규모가 커질 것이라는 우려가 나온다. 실제로 2015년 8,000만원 수준이었던 불용처리 금액은 2017년 4억 2,000만 원으로 늘었고, 지난해엔 74억 1,000만 원까지 증가했다. 정부가 말하는 2034년까지 원전 9기 영구정지 방안이 논의 중이므로 이 금액은 더 증가할 가능성이 크다.

이러한 환경에서 원전은 안전성을 유지하면서 가능하면 경제성을 향상하는 압력을 받고 있으며, 이를 위해서는 재고관리 프로그램 및 4차 산업기술의 이용해 예비품을 공급을 최적화하는 프로그램을 개발해야 할 것이다. 각 가동원전의 재료 비용, 구성 요소 고장률, 재고 운반 비용 및 교체 에너지 비용의 차이로 인해 원전의 재고관리 프로그램은 각각 다를 것이다.

4차 산업 혁명기술을 원전의 예비품 공급 및 재고관리 프로그램에 어떻게 적용할 것인지, 그리고 안정적인 공급망을 구축하기 위해서 어떠한 방법을 추진할 것인지에 대한 사전 타당성

연구가 수행되어야 할 것이며, 타당성 연구에서는 아래의 사항에 대한 조사가 선행되어야 할 것이다.

- 원전 각 계통에 기자재를 공급한 업체(OEM, Original Equipment Manufacture)의 기존 데이터베이스 활용 여부
- 공급사의 단절로 인한 공급이 불가능한 유지보수 부품 파악
- 타 공급사의 대체 공급 여부 가능성 판단
- 유지보수 부품의 교체회수 검토
- 빅데이터를 이용한 부품 교체의 사전 예측 시기 결정방안
- 3D프린터 기술을 이용한 원전기자재 제작 및 검증
- 유지보수 부품의 적정한 공급 수량 및 시기
- 지적재산권에 대한 협의
- 기술기준의 상호검증 가능성 검토

정부가 발표한 ‘2050년 탄소중립’은 에너지 구조와 경제시스템에 ‘천지개벽’을 몰고 올만한 일이다. 남들은 다 하겠다는데 우리만 가만있기 뭣해 체면치레로 내놓는 거라면 모르겠다. 그게 아니라 진지한 것이라면 경제 충격을 덜기 위해 서라도 원자력 에너지를 활용해야 한다. 반기문 전 유엔 사무총장이 위원장을 맡은 국가기후환경회의는 지난달 23일 “탈원전을 고정불변의 것으로 놓고 2050 탄소중립을 이야기하기는 어렵다”고 했다. 누가 들어도 수긍하는 부분일 것이다. 온실가스 감축에 가장 효과가 큰 원전은 없

애겠다고 하면서 탄소중립을 하겠다고 하니 허망한 얘기로 들릴 수밖에 없다.

2017년 기준 우리나라는 연간 탄소 배출 7억 천만 톤으로 전 세계 11위를 차지하고 있다. 지금의 탈원전 정책을 폐기하고 가동 중인 원전의 계속운전을 통해 탄소 배출량을 감소시키지 않은 한 2050년의 탄소중립은 허황한 이야기일 것이다. 전기차나 수소차가 생산되어 탄소를 줄일 수는 있다. 그런데, 전기 및 수소를 생산하는 에너지가 원자력일 경우에 탄소 배출이 제로이지만, 화석연료를 이용해 전기, 수소를 생산한다면 전기차, 수소차가 탄소배출을 줄이는 효과는 거의 없을 것이다.

다시 한번 정부당국에게 전 세계의 원전 건설 및 가동에 대한 국제적 감각을 가지고 살펴보기를 요청한다. 중국이 300기의 원전을 향후 건설할 것이며, 러시아가 아프리카, 중동 등 여러 나라에서도 원전을 건설하고 있다. 한국은 최고의 기술력, 기자재 공급능력을 갖추고 있다. 황금알을 낳은 거위의 배를 가르는 정부 정책에 의해 기자재 공급 생태계가 파괴되어 예비품의 공급이 원활치 않으면 궁극적으로 원전은 가동을 정지하는 수밖에 없을 것이다. 정부 당국의 탈원전 정책을 다시 한번 생각해 안전성이 확립되어 경제성을 만족시키는 경우 원전의 계속운전을 통해 60년 또는 미국처럼 80년도 가능하도록 제도적 장치를 마련하고, 또한 계속운전을 위한 예비품을 4차 산업 기술혁명을 이용한 공급이 추진되어야 할 것이다. **KIIF**