

# Pump의 생애주기 비용(LCC) 비교 분석 - 물산업 우수제품과 일반제품의 비교를 중심으로 -

박우평<sup>1</sup> · 최용<sup>2</sup> · 전시영<sup>3</sup> · 김진호<sup>4</sup> · 강성미<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>경기대학교 박사과정 · <sup>1</sup>강남대학교 부동산건설학부 부교수 · <sup>2</sup>한국물기술인증원 팀장 · <sup>3</sup>한국물기술인증원 대리 ·  
<sup>4</sup>수원과학대학교 소방안전설비공학과 조교수 · <sup>5</sup>아이티엠코퍼레이션 건축사사무소 전무

## A Comparison Analysis of Life Cycle Cost (LCC) of Pumps - In the Focus on Comparison of Excellent and General Products in Water Industry -

Park, Woopyung<sup>1</sup>, Choi, Yong<sup>2</sup>, Jeon, Si Young<sup>3</sup>, Kim, Jinho<sup>4</sup>, Kang, Seongmi<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>Doctoral Candidate, Graduate School, Kyonggi University

<sup>1</sup>Associate Professor, Division of Real Estate and Construction Engineering, Kangnam University

<sup>2</sup>Team Manager, Korean Institute for Water Technology Certification

<sup>3</sup>Assistant Manager, Korean Institute for Water Technology Certification

<sup>4</sup>Assistant Professor, Department of Fire Protection and Building Facilities, Suwon Science University

<sup>5</sup>Executive, Public Projects Division, ITM Corporation

**Abstract :** In order to induce users to purchase excellent products in the water industry that satisfy the technical standards of excellent products, in this study, it is to present the advantages of the cost aspect of the pumps as the objective basis. It will be to promote technology development of domestic water companies and to create a virtuous cycle structure in the water industry. In order to present an objective basis for the merits in terms of cost, an economic evaluation was conducted through life cycle cost analysis. For the LCC analysis, initial cost (pump cost and installation cost), operation cost (energy cost and maintenance cost) and demolition cost (disposal cost and residual value) are searched and calculated. As the results of comparison on two capacity of pumps, the energy cost of the excellent pump is 212 million KRW lower than the that of general pump in the large pump. The cost of excellent pump was 17 million KRW lower than that of general pump in small capacity pump. As the results of sensibility test, if the product is developed in the direction of improving pump efficiency and increasing the replacement cycle of consumables, it is predicted that the effect on LCC will be large.

**Keywords :** Life Cycle Cost (LCC), Pump, Designation of Excellent Products and Technologies in the Water Industry

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

세계 물산업 규모는 2020년 기준 약 6,550억 달러로 지속적 성장이 예상되는 유망산업(Statista, 2020)이다. 2019년 국내 물산업 분야 총 매출액은 약 46조 2천억원으로 전년도 대비 약 6.8% 증가하였고 국내 물산업 사업체 수는 1만 6,540개로 전년도 대비 1,067개가 증가하였다(환경부, 2020). 물산업 시장이 국내외를 불문하고 점점 커져가고 있

음에도 불구하고 국내 물산업 기술력에 대한 투자와 관심은 비교적 부족한 실정이다. 환경부 물산업 통계조사 보고서(2020)에 따르면 조사에 응한 국내 물산업 산업체 중 86.2%가 물산업 관련 검·인증 자격을 보유하고 있지 않다고 답했으며, 83.7%가 물산업 관련 연구개발(R&D) 활동을 하고 있지 않다고 답하였다.

환경부는 국내 물기업의 기술개발을 촉진하고 시장을 활성화하기 위한 방안으로 2018년 물산업 우수 기자재 등록제도를 시행하기 위한 시범사업을 거쳐 2020년 6월부터 물산업 우수제품 지정제도를 시행하고 있다. 지자체, 공공기관의 수요를 확대하여 기업의 성장을 도모하고 물산업 선순환 구조를 조성하기 위한 목적이다.

물산업 우수제품 지정제도는 크게 두 가지 영역으로 구분할 수 있다. 첫 번째는 제품의 성능에 대한 높은 기준 마련이

\* **Corresponding author:** Kang, Seongmi, Public Project Division 1, ITM Corporation, 06056, 2nd Floor, Seolleung-ro 747, Gangman-gu, Seoul, Korea  
**E-mail:** ksm71@hanmail.net  
**Received** January 28, 2022; **revised** March 6, 2022  
**accepted** March 14, 2022

다. 구매자의 의견을 반영하여 KS·단체표준보다 상향된 규격을 만들고 해당 성능기준을 충족하는 제품을 우수제품으로 지정한다. 두 번째는 지정된 우수제품의 판로 개척 및 구매촉진이다. 제도를 통해 우수함을 검증한 제품을 수요자가 우선 구매할 수 있도록 계약 조건이나 평가항목에 가점 조건으로 추가하는 등 다양한 방법을 활용하여 지정제품의 구매를 촉진한다. ‘중소기업 기술개발제품 우선구매제도’ 및 ‘지방상수도 현대화사업 업무지침’, ‘하수도 설계기준’, ‘상수도설계기준’에 물산업우수제품을 우선구매 대상으로 지정하였고 ‘우수조달물품 지정관리규정’ 중 신인도 자기평가가 점항목(1점) 대상으로도 물산업 우수제품을 반영하여 사용자의 구매를 장려하고 있다. 그 밖에 주요 수요자(특별시·광역시, 공공기관 등) 대상 설명회를 개최하고 우수제품 지정 기업 홍보 및 물산업 우수제품 계약실무 종합 매뉴얼을 배포하는 등 다양한 측면에서 제도권을 확대해나가고 있다.

2021년 6월 7개 제품이 신규 지정되어 현재 88개 기업의 275개 제품이 물산업 우수제품으로 지정되었다. 하지만 지정제품과 비지정제품(이하 ‘일반제품’)간의 차이에 대한 객관적 자료가 부족하고, 특히, 펌프와 같이 운영비용이 많이 발생하는 에너지 다소비 제품의 경우 객관적 자료로서의 LCC 분석이 필요하다. 이에 본 연구에서는 물산업에서 운전 비용이 많이 소요되는 펌프를 대상으로 우수제품과 일반제품에 대한 생애주기비용 산출모델을 수립하고, 우수제품과 일반제품의 경제성 비교·분석하고, 향후 우수제품의 개발방향을 제시하기 위하여 민감도 분석을 수행하였다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

정수장, 취수장 및 배수장과 같은 물산업에서 사용되는 펌프는 그 용량이 건축물에서 사용하는 펌프에 비하여 매우 크다. 본 연구에서는 연구대상 펌프로 수자원공사에서 운영 중인 몇 군데의 취수장을 조사하여, 주로 사용하는 펌프의 용량을 대용량( $1,860m^3/h$ )과 소용량( $360m^3/h$ )의 2가지를 선정하였다.

또한, 자료조사와 기존 연구문헌에 대한 고찰을 바탕으로 LCC분석 절차와 모델을 수립하고, 수자원공사에서 운영 중인 펌프의 연간 사용시간을 조사하고, 현재 사용 중인 일반제품과 우수제품의 가격, 설치비, 철거비용 및 운영비용 계산을 위한 한국전력의 전력요금을 조사하였다.

LCC (Life Cycle Cost, 생애주기비용)란 시설물의 기획, 설계 및 건설공사로 구분되는 초기투자단계, 운용·관리 단계 및 폐기·처분 단계로 이어지는 일련의 과정에 소요되는 모든 비용을 말하며, LCC 분석이란 시설물 또는 설비시스템 등에 대하여 경제적 수명 전반에 걸쳐 발생하는 제비용의 합 즉, 총비용을 비교하기 편리한 일정한 시점으로 등가

환산한 가치로 경제성을 평가하는 방법([https://www.kvei.or.kr/sub02\\_2](https://www.kvei.or.kr/sub02_2))을 말한다.

기계설비의 LCC분석(Quan et al., 2015; Choi et al., 2015; Park & Kim, 2016)에는 초기공사비 뿐만 아니라 유지관리비까지 고려하여 경제성을 평가하므로 실질적으로 경제적 인안을 선택할 수 있다. LCC 분석에 고려해야 할 비용에는 초기투자비용(공사비, 설계비, 감리비, 보상비 등), 유지관리 비용(점검 및 진단비, 관리비, 에너지비용, 보수비, 교체비, 보강비 등), 이용자비용, 사회·경제적 손실비용, 해체·폐기 비용, 잔존가치 등 시설물의 생애주기 동안 발생하는 모든 비용을 포함한다.

## 2. LCC 분석 방법

### 2.1 펌프 성능곡선

펌프의 성능이나 용량을 나타내는 가장 기본적인 인자로 유량과 양정을 들 수 있다. 유량은 펌프의 토출 측에서 분출해내는 유체의 양이며, 양정은 펌프가 배관을 통하여 유체를 밀어 올릴 수 있는 수직높이이다. 펌프의 양수과정에서 약간의 누수나 사용여건에 따른 펌프의 성능저하를 고려하여 설계유량의 5~15% 정도 여유를 주고 펌프모델을 선정한다. 이를 바탕으로 펌프의 토출구 구경을 계산할 수 있고, 이때 배관 내 평균유속은  $1.5\sim 2m/s$ 로 한다. 흡입구 구경은 일반적으로 토출구 구경보다 한 단계 크게 선정한다. 펌프의 소요 동력은 펌프의 효율과 전달계수를 이용하여 계산할 수 있다. 펌프의 운전 특성이나 성능을 나타내기 위하여 유량과 양정, 전효율, 축동력, 회전수 등을 하나의 도표상에 나타낸 것을 펌프의 특성곡선 또는 성능곡선이라고 한다. 어떤 펌프를 운전할 때 유량을 증가시키면 양정은 점차 감소한다. 축동력은 유량이 증가될수록 함께 증가하게 되므로 소비동력도 늘어나게 된다. 펌프의 효율은 유량을 증가시키면 효율도 점차 증가하게 되지만 어느 지점의 유량 이후에는 오히려 효율이 감소하게 된다. 펌프의 성능곡선은 펌프의 종류나 임펠러의 형상에 따라 모두 다르게 되며, 같은 종류의 펌프라도 용량에 따라 성능곡선이 달라질 수 있다. 따라서 펌프를 신설하거나 교체할 경우, 제조사로부터 펌프별 성능곡선을 받아 확인한 후 필요한 유량과 양정에서 운전효율이 최대가 되는 모델을 선정해야 한다. 펌프의 회전수가 변하게 되면 펌프의 운전특성도 변하게 된다. 양정(H)은 회전차 외주속도(회전수, N)의 제곱에 비례하고 유량(Q)은 회전수(N)에 비례한다. 이렇게 펌프의 회전수 및 회전차의 직경(D)변화에 따른 각 요소의 특성변화를 나타내는 식을 ‘펌프의 삼사법칙’이라고 한다. 펌프의 동력은 회전수의 3승에 비례하고, 회전차 지름의 5승에 비례한다. 이에 따라 일반적으로 펌프의 동력은 5

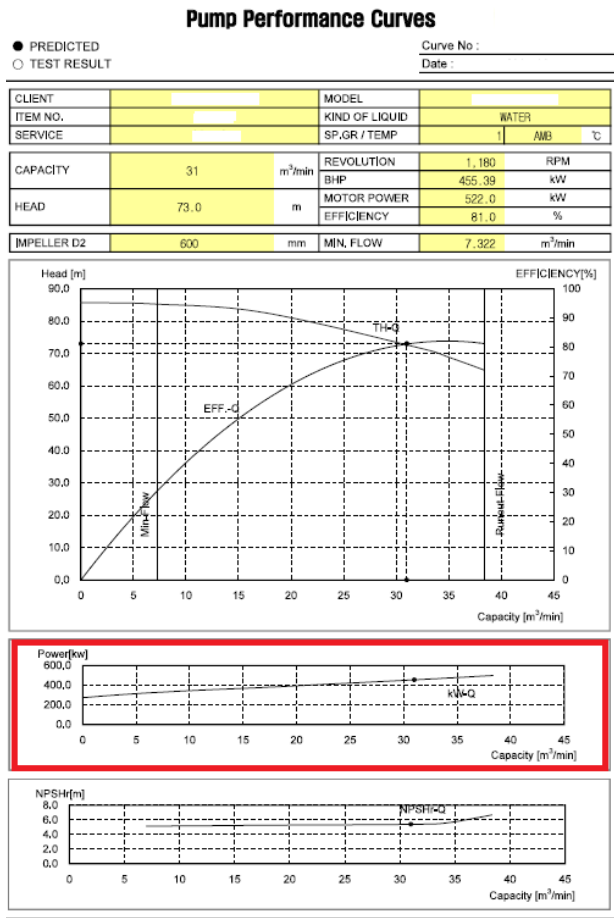


Fig. 1. Characteristics Curve of Excellent Pump (1,860m<sup>3</sup>/h)

차 함수로 표현된다.

본 연구에서 선정한 대응량(1,860m<sup>3</sup>/h)의 우수제품과 일반제품의 펌프 성능곡선을 <Fig. 1>과 <Fig. 2>에 나타내었고, 소용량(360m<sup>3</sup>/h)의 우수제품과 일반제품의 펌프 성능곡선을 <Fig. 3>과 <Fig. 4>에 나타내었다. <Fig. 1>에서 첫 번째 그래프는 펌프의 유량에 대한 효율(Efficiency)과 수두(Head)를 나타낸 것이고, 두 번째 그래프는 펌프의 유량에 대한 펌프 동력(Power)을 나타내고, 마지막은 펌프의 유량에 대한 유효흡입수두(Net Positive Suction Head; NPSH)를 나타낸다. 본 연구에서는 두 번째 그래프의 펌프 유량과

Table 1. Coefficient of pump performance curve

	$P_{l,e}$	$P_{l,g}$	$P_{s,e}$	$P_{s,g}$
Q <sup>5</sup>	1.182X10 <sup>-14</sup>	1.496X10 <sup>-15</sup>	-5.896X10 <sup>-13</sup>	1.489X10 <sup>-13</sup>
Q <sup>4</sup>	-7.750X10 <sup>-11</sup>	1.238X10 <sup>-11</sup>	6.290X10 <sup>-11</sup>	-1.074X10 <sup>-9</sup>
Q <sup>3</sup>	1.914X10 <sup>7</sup>	-3.815X10 <sup>8</sup>	2.995X10 <sup>7</sup>	8.841X10 <sup>7</sup>
Q <sup>2</sup>	-2.150X10 <sup>-4</sup>	7.323X10 <sup>-5</sup>	-1.330X10 <sup>-4</sup>	-2.798X10 <sup>-4</sup>
Q	1.940X10 <sup>-1</sup>	5.964X10 <sup>-2</sup>	4.502X10 <sup>-2</sup>	7.435X10 <sup>-2</sup>
Constant	2.684X10 <sup>2</sup>	2.817X10 <sup>1</sup>	2.049X10 <sup>1</sup>	1.934X10 <sup>1</sup>

### PERFORMANCE CURVE

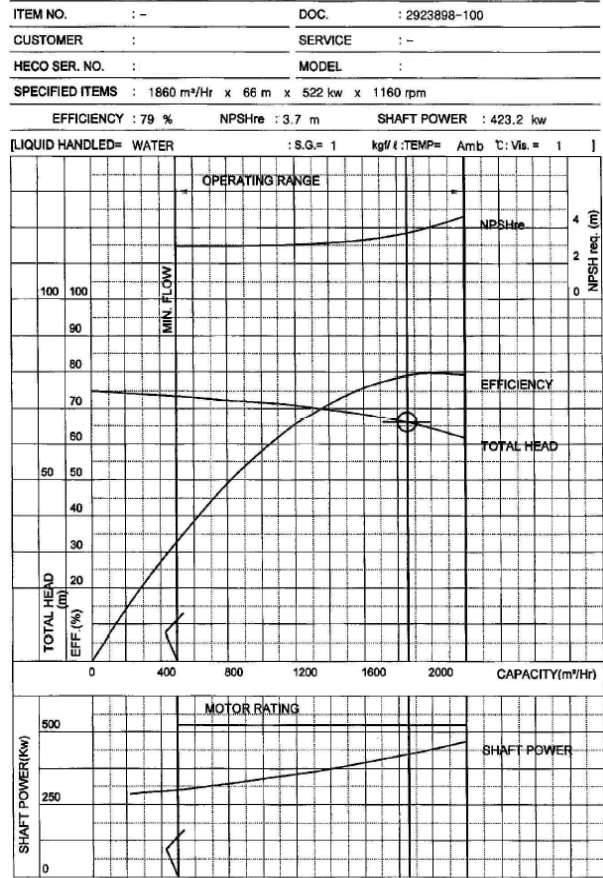


Fig. 2. Characteristics Curve of General Pump (1,860m<sup>3</sup>/h)

펌프동력을 사용한다. <Fig. 2>에서 보이는 첫 번째 그래프는 펌프 유량에 대한 효율과 총 수두를 보이면서 상단에 유효흡입수두를 보이고, 두 번째 그래프에 펌프 유량에 따른 펌프 동력(Shaft Power)를 보이고 있다. 위의 펌프성능곡선을 디지털라이징(digitizing)하여 5차함수의 계수를 <Table 1>에 나타내었다. 표에서, Q는 유량, P는 펌프에서의 압력강하량을 나타내었다. 하첨자 l, s, e 및 g는 각각 대응량, 소용량, 우수제품 및 일반제품을 표시한다.

## 2.2 펌프 유지관리

본 연구에서 선택한 펌프와 같은 설비시스템의 경우, 운영비용은 에너지비용, 관리비용(인건비) 및 유지보수비용으로 나눌 수 있다. 유지보수 비용은 <Table 2>에 나타낸 바와 같이 매년(혹은 가동시간 8,000시간) 교체하는 축 슬리브, 베어링 및 그랜드 패키징이 있고, 3년(혹은 가동시간 20,000시간)마다 교체하는 임펠러 링과 웨어링 링이 있다. 압력계, 압력전송기 및 베어링 온도감지기는 고장시 마다 교체하지만, 고장이 거의 일어나지 않는다. 이에 본 논문에서는 매년 및 3년마다 교체하는 부품만 고려하여 LCC 분석에 사용하였다.

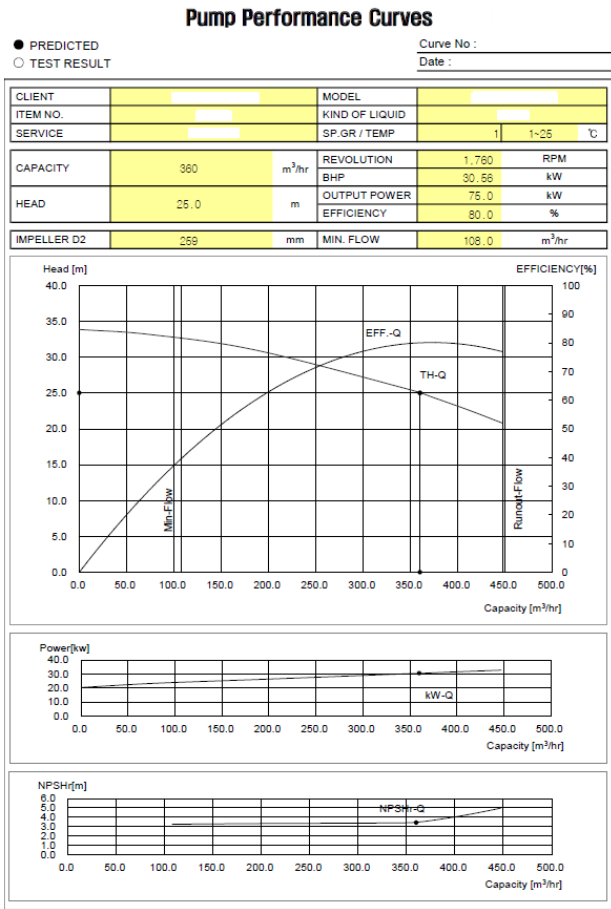


Fig. 3. Characteristics Curve of Excellent Pump (360m<sup>3</sup>/h)

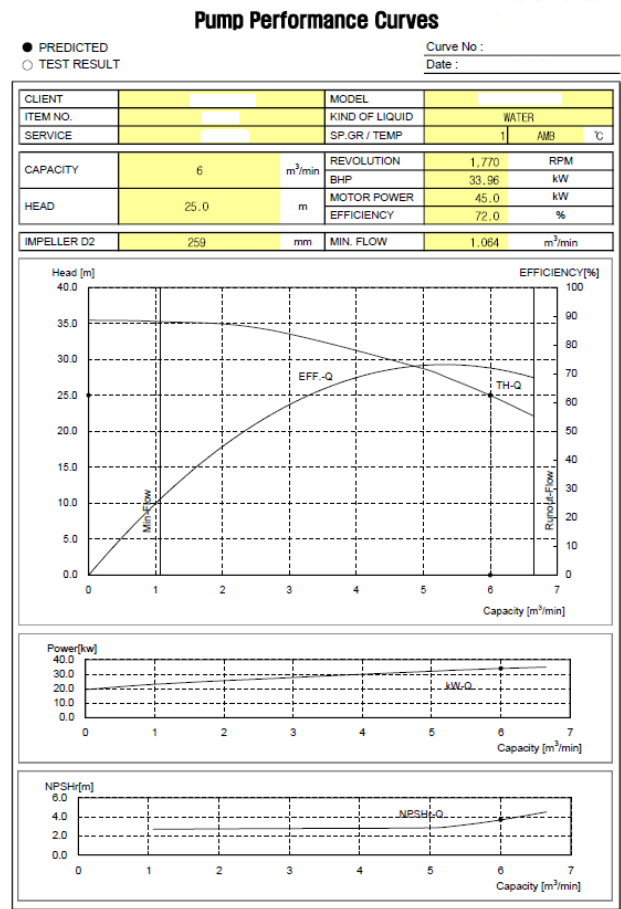


Fig. 4. Characteristics Curve of General Pump (360m<sup>3</sup>/h)

관리비용(인건비)은 각 펌프만을 관리하는 Manhour를 산정할 수 없고, 펌프 대수와 비례하여 그 비용이 결정되기 때문에 ROI (Return Of Investment)를 계산하지 않는다면 그 차이가 동일하기 때문에 계산하지 않았다.

펌프의 가동시간은 펌프의 운전비용을 계산하는데 필수적인 항목이면서 LCC에서 가장 중요하고 많은 비용을 차지하는 항목이다. 국내의 전기요금은 계절별 시간별로 가격이 다르기 때문에 펌프의 가동시간을 연평균으로 하는 것보

Table 2. Maintenance Cost of Large Pump

Name	Maintenance period		Maintenance Cost	
	Year	Hour	Efficiency	General
Impeller Ring	3	20,000	764,400	941,400
Wearing Ring			709,800	1,094,800
Axis Sleeve	1	8,000	770,900	2,568,500
Bearing			53,820	398,70
Grand Packing			98,800	491,400
Pressure Gauge			187,000	187,000
Compound Gauge			187,000	187,000
Pressure Transmitter			432,000	432,000
Temperature Gauge			133,000	133,000

다 매시간별 토출량을 하는 것이 더 정확하다. 그렇지만 이러한 가동량을 기록하지 않고 있기 때문에 다음의 두 가지 방법으로 계산하고자 한다. 본 연구에서 선정한 취수장의 경우, 연간 용수 공급량은 184,712,837m<sup>3</sup>로 일 최대 공급량 548,560m<sup>3</sup>, 일평균 공급량 504,816m<sup>3</sup>을 보이고 있다. 설계용량이 일 402,336m<sup>3</sup>으로서 설계용량보다 크게 운전되고 있는 실정이다. 즉, 설계용량을 공급할 수 있는 펌프의 수를 N이라 할 때, 펌프의 수는 2N으로 설계하고 설치하였으나, 현재는 설계용량보다 수요가 많아 N보다 많은 펌프를 운전하고 있었다. 현재의 운전상태를 살펴보면, 전체 펌프의 평균가동율이 44.68%이고, 피크부하시에는 50%를 넘고 있다. 즉, 2N대의 펌프를 설치하고서, N대 이하의 펌프를 가동하는 것이 정상적이거나, 현재는 N+1 이상의 펌프를 운전하고 있다. 이로서 설계의도대로 설치한다면 추가 펌프의 설치가 필요하다고 생각된다. 본 연구에서는 설계대수로 감안하여 평균가동율로 LCC분석을 수행하였기 때문에 가동율을 89.36%로 계산하였다.

일반적으로 가압장의 가동시간은 일 6시간으로 배수지로의 송수, 배수동안 휴지 다시 송수하는 사이클을 반복하고,

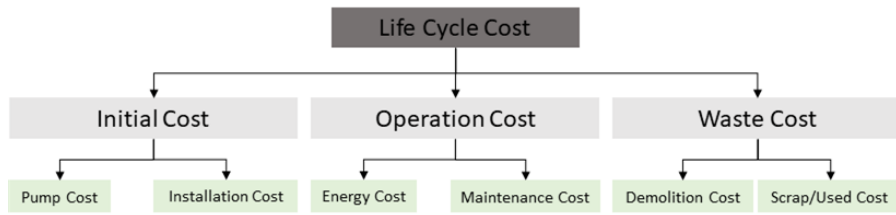


Fig. 5. Component of LCC

정수장의 경우, 일 12시간 정도 가동한다고 알려져 있다. 하지만, 취수장의 경우 100%에 가까운 가동율을 보이기 때문에 앞 절에서 설명한 대로 계산하였다. 가압장 펌프의 경우에는 가동시간이 6시간이므로, 전력비용이 가장 싼 야간에 주로 가동하는 것으로 계산하는 것이 합리적이다.

매년 발생하는 유지보수 비용 및 운전비용은 일반적인 방법으로 계산이 가능하지만, 위의 예처럼 매년이 아닌 경우에는 별도로 계산해야 한다. 즉, 총  $n$ 년 동안 사용하는 동안,  $n_a$ 년마다 유지보수를 해야 한다면 현재가치법에 의한 계산은 식(1)과 같이 계산할 수 있다.

$$f(P_a) = P_a \frac{(1+r)^n - 1}{(1+r)^{n_a} - 1} \quad (1)$$

$P_a$ : 가격  
 $n$ : 기간  
 $r$ : 이자율  
 $n_a$ : 보수주기

### 2.3 전기요금 체계

정수장, 가압장 및 취수장과 같은 산업용 전기요금은 계약 전력에 따라 갑 I, 갑II과 을로 나뉘고, 각각은 선택에 따라 저압전력, 고압전력A 선택 I, 고압전력A 선택 II, 고압전력B 선택 I 그리고 고압전력B 선택 II가 있다. 전력요금은 기본요금과 전력량요금으로 나뉘고, 전력량요금은 계절 및 시간대별로 단가가 다르게 책정(한국전력 홈페이지)되어 있다. 분석대상 펌프가 설치된 사업장에서는 산업용(을), 고압전력B 선택 II를 사용하고 있기 때문에, 본 논문에서도 같은 요금제를 적용하였다.

### 2.4 펌프 LCC 분석 프로그램

#### 2.4.1 LCC 프로세스

펌프의 LCC를 구하기 위하여, 펌프의 초기투자비(펌프 재료비, 설치비)와 펌프 폐기비용을 조사하였다. 펌프 재료비는 견적가를 사용하였고, 설치비와 폐기비용은 대한기계설비건설협회가 제공하는 건설공사 표준품셈의 일위대가를 사용하였다. 펌프 가격은 우수제품이 일반제품에 비하여 고가였으며, 설치비는 양수량을 기준으로 책정하기 때문에 동일한 가격을 사용하였다. 펌프 폐기비용은 철거비용과 재활

용 시의 가격을 고려하였으며, 철거시 재활용 없이 고철로 판매한다면, 품셈에서 제시한 일위대가를 기준으로 설치비의 40%로 가정하였고, 재활용 시의 가격은 설치비용의 60%로 가정하였다. 고철의 가격은 연합자원 홈페이지에서 공지하고 있는 현재의 가격인 500원/kg을 사용하고, 용량별 무게를 조사하여 적용하였다. 또한, 펌프의 수명은 조달청 내용연수 기준으로는 11년, ASHRAE 수명기준 10~20년이므로 이의 중간값이며, 기계설비의 평균수명인 15년으로 하였다. 재활용시 가격은 교체시기가 15년을 넘는 경우에는 0으로 그 이하인 경우에는 매년 일정한 비율로 감가상각하여 고려하였다. 이로써 15년 이상인 경우, 남은 감가상각액이 0이기 때문에 재활용한다 하더라도 그 금액이 0원이므로, 폐기와 같이 고철값으로 계산하도록 하였다. 이 가격들은 상황에 따라 변경될 수 있다.

운영비용은 앞 절에서 언급한 바와 같이 에너지비용과 수리비용을 고려하였다. 운영비용은 매년의 가격에 할인율을 고려하여 계산하였다. 에너지비용은 펌프의 동력을 성능곡선으로부터 산출하였으며, 모터의 효율을 고려하여 사용전력량을 계산한 후 전력요금을 곱하였다. LCC의 구성요소를 <Fig. 5>에 나타내었다.

#### 2.4.2 LCC 프로그램 개요 및 사용방법

개발된 LCC 프로그램을 <Fig. 6>에 나타내었다. 그림에서 회색으로 보이는 부분에 성능곡선을 디지털이징한 함수와 조사한 가격, 펌프의 사양(유량)을 입력하고, 추가적으로 펌프의 수명과 연이율, 철거방법(폐기, 재활용)을 선택한다. 모터의 효율은 일반적으로 사용한 값을 사용하고, 필요 시 수정할 수 있도록 하였다. 성능곡선의 수식을 입력하면 자동적으로 INPUT화면의 좌하측에 우수제품과 일반제품의 성능곡선이 나타나고 초기투자비, 연간 전력비용, 15년간의 유지비용(보수)과 폐기비용이 나타난다. 만일 연수기준을 15년보다 적게 선택하면 경우에 따라 폐기비용은 재활용 시의 중고가격이 반영되어 수익이 발생하며, 이는 음수(-비용)로 표현된다. 마지막으로 초기투자비, 연간 전력비, 유지비용과 폐기비용의 총 합산인 LCC가 표현되도록 구현하였다. 엑셀 프로그램으로 구현하였기 때문에 필요에 따라 다른 시트의 값을 수정하면 INPUT화면에 나타난다. 그림에서 회색은 사

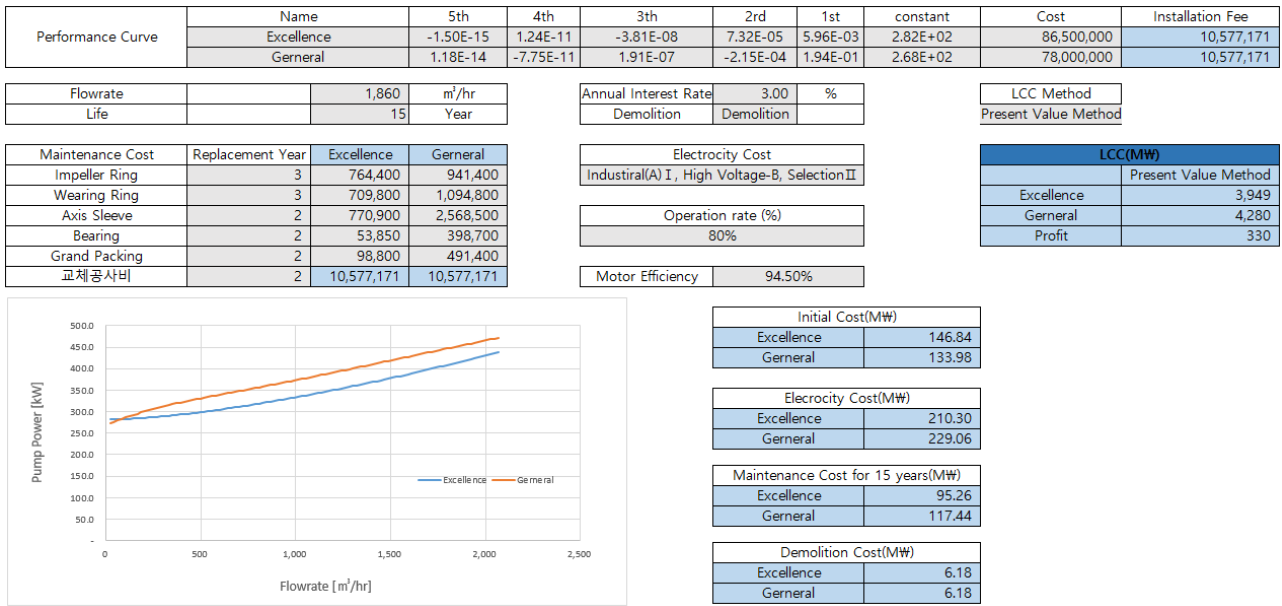


Fig. 6. Comparison on LCC of the Large Pumps in LCC Program

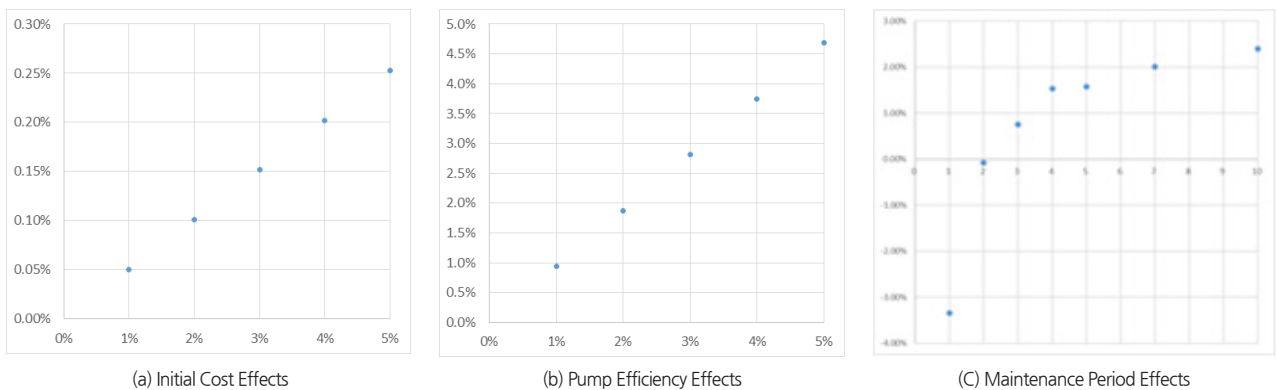


Fig. 7. Sensibility of Initial Cost, Pump Efficiency and Maintenance Period in Large Capacity Pump

용자가 입력해야 할 변수들이고, 파란색은 LCC계산결과를 나타낸다.

### 3. 결과 및 토의

#### 3.1 대용량펌프의 LCC 비교

개발된 LCC 프로그램을 이용하여 대용량 펌프의 우수제품과 일반제품의 조사된 각 사례를 입력한 결과에서 우수제품의 펌프가격은 일반제품 대비 7.5백만원 높았으며, 설치비는 10.5백만원 가량으로 동일하다, 펌프의 양수량은 1,860m<sup>3</sup>/hr이고, 15년간 사용할 것으로 계산하였다. 15년간의 교체비용과 그 기간을 입력할 수 있도록 하였으며, 교체공사비는 펌프를 분해하고 재설치하기 때문에 설치비와 동일하게 자동으로 입력된다. 연이율 3%로 계산하고, 철거 시는 15년간 사용할 예정이기 때문에 폐기를 선택하였다. LCC

분석은 현재가치법과 미래가치법을 이용하여 분석하지만, 현재시점에서 투자 여부를 판단하기 위하여 현재가치법을 선택하였다. 앞에서 언급하였듯이 본 사업장은 상업용(갑) I, 고압B, 선택 II 요금제를 사용하기 때문에 이를 선택하였으며, 가동율은 80%, 모터효율은 94.5%를 입력하였다. 결과에 의하면, 연간 전력비용은 우수제품이 매년 18.8백만원 적게 소요되고, 15년간의 유지보수비용은 총 14백만원 적게 소요될 것으로 예측되었다. 이로써 LCC는 현재가치법으로 변환하면 우수제품은 2,540백만원, 일반제품은 2,752백만원의 비용이 소요되며, 우수제품을 사용하는 경우 212백만원 가량의 이득이 발생한다.

#### 3.2 소용량펌프의 LCC 비교

두 번째로, 소용량의 우수제품과 일반제품의 경우를 비교하였다. 앞서와 같은 방식으로 성능곡선을 디지털이징한

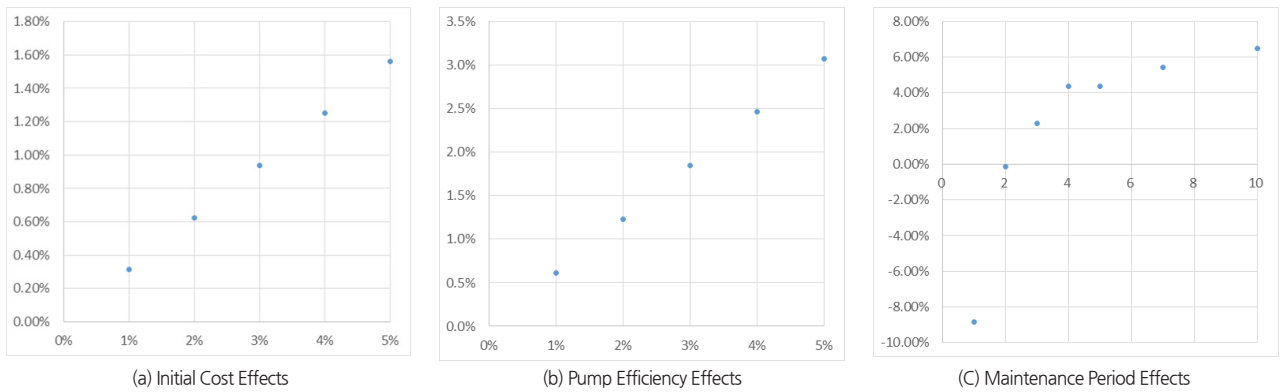


Fig. 8. Sensibility of Initial Cost, Pump Efficiency and Maintenance Period in Small Capacity Pump

후 추세식을 구해서 넣었으며 각 견적이 및 펌프유량과 내 용연수를 입력하고 가동율은 80%로 가정하였다. 다만, 교체 비용은 견적가를 알 수 없기 때문에 용량비율로 교체비용을 계산하였다. 분석 결과, 초기투자비는 4백만원이 추가 소요 되었으나, 연간 전력비용은 1.5백만원, 15년간의 유지보수비용은 28백만원이 덜 소요되어, 최종적으로 17백만원가량 적은 비용이 소요될 것으로 예상되었다. 유량이 적은 만큼 에너지비용이 적게 들기 때문에 이득금액이 크지 않지만, 초기 투자비 차액은 2년 정도에 모두 회수될 것으로 분석되었다.

### 3.3 민감도 분석

대용량의 우수제품의 펌프를 사용하는 경우, 각 변수에 대한 민감도 분석을 실시하였다. 민감도 분석은 초기 입력값에 변화를 주어 이 변화가 최종금액에 어떻게 반영되는 지를 보여주는 것으로서, 어떤 부분의 성능향상이나 가격적 이득이 최종적인 비용에 영향을 미치는가를 알아보는 것이다. 이러한 결과를 통하여 펌프의 성능향상의 방향을 정하는 데 활용할 수 있다.

(Fig. 7)과 (Fig. 8)에서 (a)와 (b)의 가로축은 펌프가격과 펌프효율의 변동폭이며, (c)의 가로축은 보수기간이며, 세로 축은 LCC의 하락폭을 나타내었다.

(Fig. 7)에 보인 대용량 펌프의 민감도 분석결과에 의하면, 펌프가격이 5% 하락하는 경우, 15년간의 총소요비용에서 대략 0.02%의 비용하락을 보인다. 그에 반해 펌프의 효율이 5% 향상하는 경우, 15년간의 비용은 4.71% 하락하고, 만일 각종 부품의 교체년수가 4년으로 길어지는 경우, 1.6%의 총 비용하강 효과가 있다. 이를 바탕으로 제품의 개발 방향은 펌프의 가격보다는 효율 향상과 부품의 수명을 증가시켜 교체년수를 길게하는 것이 효과가 클 것으로 판단된다.

또한, 소용량 펌프의 민감도 분석결과를 (Fig. 8)에 보았다. 그림에서 펌프의 가격이 5% 하락할 경우, 15년간의 총 소요비용은 1.6% 하락하며, 펌프의 효율이 5% 향상될 경우,

3.0% 하락하며, 펌프의 교체주기가 4년으로 증가할 경우, 4.2% 하락할 것으로 예측되었다.

펌프의 성능을 향상시키기 위하여 중점을 두어야 할 부분은 펌프의 효율향상과 부품교체시기의 증가를 위한 내부 구조의 변경이라고 할 수 있다.

## 4. 결론

물산업 우수제품 중 펌프가 동일 사양의 일반제품에 비하여, 경제적으로 어떤 이득이 있는지를 분석하기 위하여, LCC 기법을 통하여 분석하였다. 분석을 위하여, 초기비용을 펌프의 가격 및 설치비를 나누어 조사하고, 운영비용은 성능곡선과 가동율을 이용하여 전력비용을 계산하고, 보수비용 및 기간을 조사하여 적용하였다. 또한, 폐기비용은 철거비용과 고철 판매 및 감가상각액을 조사하여 적용하였다.

대용량(1,860m<sup>3</sup>/h)의 우수제품과 일반제품의 펌프를 LCC 분석하여 비교한 결과 15년의 운영기간 동안 대략 212백만원의 비용이 적게 소요될 것으로 예측되었으며, 소용량(360m<sup>3</sup>/h)의 우수제품과 일반제품의 펌프를 기준으로 17백만원의 비용이 적게 소요될 것으로 예측되었다.

또한, 대용량의 우수제품의 민감도 분석결과 펌프의 효율 향상과 소모품의 교체주기를 증가시키는 방향으로 제품을 개발하는 경우, LCC에 미치는 효과가 클 것으로 예측되었다.

본 연구는 펌프의 유지관리에 소요되는 Manhour 자료와 펌프의 매시간별 운영데이터와 같은 상세 운영데이터 부족으로 정확한 LCC분석이 불가능하였다. 만일 펌프 유지관리에 소요되는 Manhour와 각 사업장에서 펌프의 시간별 운전데이터(펌프별 시간당 양수량)를 알 수 있다면, 정확한 LCC 분석이 가능하다고 판단된다. 특히, 펌프의 시간별 운전데이터 자료가 확보된다면, 본 연구에서 제시한 LCC와 제품 개발 방향뿐만 아니라, 제품의 운영시간에 대한 제안도 할 수 있을 것으로 예상된다.

## References

- Choi, J.Y., Kim, H.B., Son, M.J., and Hyun, C.T. (2015). "Application of Real Option based Life Cycle Cost Analysis for Reflecting Operation Flexibility in Solar Heating Systems." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 16(4), pp. 70-79.
- Korea Mechanical Construction Contractors Association (2021). *The Construction Standard Estimating System(Mechanical Facilities)*, p. 381 (In Korean).
- Ministry of Environment (2021). *Water Industry Statistics Survey, 2020* (In Korean).
- Park, J.J., and Kim, S.B. (2016). "A research & analysis on endurance period of machine equipment and electric equipment about sewage treatment apparatus." *Proceedings of KICEM Annual Conference 2016*, KICEM, pp. 211-212.
- Quan, J.L., Choi, S.H., Kwon, T.H., Choi, H.M., Kim, J.H., and Kim, J.J. (2015). "LCCA and LCA to Evaluate Feasibility for Introducing High-Efficiency Motors into Air Ventilation System of Public Facilities." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 16(4), pp. 41-49.
- Statista (2022). *Market share of water markets worldwide as of 2020, by subsector*.

---

**요약 :** 물산업 우수제품 지정제도는 우수제품의 기술규격을 만족하는 물산업 우수제품을 사용자가 우선 구매토록 유도하여 국내 물기업의 기술개발 촉진 및 시장 활성화를 통한 물산업 선순환 구조 조성을 목적으로 한다. 본 연구에서는 2가지 용량의 펌프를 대상으로 물산업 우수제품으로 지정된 제품과 일반제품의 비용측면의 장점에 대한 객관적인 근거를 사용자에게 제시하고자 하였다. 비용측면의 장점에 대한 분석방법으로 생애주기비용 분석(Life Cycle Cost; LCC)을 통한 경제성 평가를 실시하였고, LCC에 필요한 각종 자료를 조사하였다. 조사한 항목으로는 초기투자비용(펌프 구매비용, 설치비용), 운영비용(에너지비용, 유지관리비용) 및 철거비용(폐기비용, 잔존가치)이다. 2가지 용량의 우수제품과 일반제품을 비교한 결과, 1,860 $m^3/h$  용량(이하 대용량)에서 15년의 운영기간동안 우수제품의 생애주기 비용이 대략 212백만원 정도 적게 소요될 것으로 예측되었으며, 360 $m^3/h$  용량에서는 우수제품의 생애주기 비용이 17백만원 정도 적게 소요될 것으로 예측되었다. 또한, 대용량 펌프의 우수제품에 대하여 민감도 분석을 추가로 실시하여 펌프 생산 시 제품의 생애주기 비용을 절감하기 위해 고려해야 할 사항을 살펴보았다. 그 결과 펌프의 효율 향상과 소모품의 교체주기를 증가시키는 방향으로 제품을 개발하는 경우, LCC에 미치는 효과가 클 것으로 예측되었다.

**키워드 :** 생애주기비용분석, 펌프, 물산업우수제품지정제도

---