공기질 관리 서비스에 대한 비용분석에 관한 연구

Cost Analysis of Air Quality Management Services

홍석진, 김종민, 박순철, 한경훈, 안재현
한국생산기술연구원 국가청정생산지원센터

Hong Seok Jin, Kim Jong Min, Park Soon Chul, Han Kyoung Hoon
Korea National Cleaner Production Center

사단법인 **한국전과정평가학회**
The Korean Society for Life Cycle Assessment

공기질 관리 서비스에 대한 비용분석에 관한 연구

홍석진*, 김종민, 박순철, 한경훈, 안재현
한국생산기술연구원 국가청정생산지원센터

Cost Analysis of Air Quality Management Services

Hong Seok Jin, Kim Jong Min, Park Soon Chul, Han Kyoung Hoon
Korea National Cleaner Production Center

Abstract

At present, the air quality management service model is in the introduction stage, and the appropriate cost for the service, consumer acceptability for the price, and the utility of the consumer are being coordinated in the market. In this study, the cost analysis of the target service was performed in advance of actual air quality management service implementation. The target service is modularized and analyzed, and each cost is analyzed to examine the cost reduction method of the overall service. Cost items are divided into investment cost, operating cost, and maintenance cost. Costs of five service modules, which can collect data among 7 service modules, were calculated, and the possibility of potential cost reduction for each module was analyzed through cost analysis.

1. 서론

실내 공기질을 체계적으로 관리하기 위한 방법 중의 하나로, 제 3자 전문가 집단을 통해 지속적이고 체계적 관리를 위탁하는 관리 서비스 모델이 검토되고 있다. 현재 공기질 관리 서비스 모델은 도입단계 수준으로, 서비스 제공의 적정비용, 서비스 가격에 대한 소비자 수용성, 소비자의 편익 등 시장 조율되고 있다. 본 연구에서는 공기질 관리 서비스를 앞둔 시범적인 서비스 모델을 대상으로 대상 서비스를 모듈화화여 구분하고, 각각의 소요비용을 분석하여 경제적인 비용저감 방안을 검토 하였다. 비용항목은 투자비, 운영비, 유지비로 구분, 7개 서비스 모듈 중 데이터 수집이 가능한 5개 서비스 모듈에 대한 서비스 단가를 산정하였으며, 비용분석을 통해 모듈별로 잠재적인 비용저감이 가능성을 분석하였다.

2. 서비스 모델 설정

공기질 관리 서비스 수요를 고려하여, 아파트 및 주택 등의 일반가정과 특정인을 대상으로 하는 어린이집, 노인요양원 등의 이용시설을 대상공간으로 설정하였다. 비교적 규모가 큰 극장, 전시장 등의 다중이용시설과 철도, 전철, 버스와 같은 이동시설의 수요도 예상되나, 불특정 대상의 불분명

* 교신저자: 홍석진 박사, (06211) 서울시 강남구 테헤란로 322 한신인터밸리 24 동관 18층, Tel : 02-2183-1518, Fax : 02-2183-1519, joasj77@kncpc.re.kr

한 수요와 현재의 관리 서비스 모델이 도입단계인 점을 고려하여 제외하였다. 또한 공기질 관리 항목은 대상시설의 관심사항에 따라 설정될수 있으나 본 연구에서는 주요 관심대상인 미세먼지과 휘발성유기화합물을 대상으로 설정하여, 미세먼지, VOCs(Volatile Organic Compounds), 포름알데히드로 설정하였다.

기본적으로 공기질 관리 서비스는 '측정'과 '개선'으로 구분되며, 다시 방문·온라인 측정과 상시·방문 개선으로 세분하여 모델링하였다. 상시 관리를 위한 온라인 모니터링 측정과 청정기 기반의 개선 서비스를 기본으로, 서비스 품질을 높일 수 있는 선택적인 서비스 모듈로 구성 총 7가지 서비스 모듈로 구분하여 설정하였다.

전체적인 서비스 흐름은, 현장방문을 통해 현재 공기질을 측정하게 되고 측정 결과를 통해 전문가의 컨설팅이 이루어진다. 이 과정에서 소비자의 공기질 관리 수요가 발생할 경우 온라인 기반의 상시적인 모니터링 측정 서비스가 적용될 수 있으며, 모니터링 측정 정보와 연계되어 공기질 개선을 위한 서비스로, 청정기 기반, 자동환기기 기반, 에어컨 기반 등 특정 기기를 통해 실시간으로 공기질 관리가 이루어지는 선택적 서비스가 접목된다. 또한 소비자의 공기질 개선 의지가 강할 경우 원인물질을 제거하고 관리하는 현장방문 기반의 공기질 개선 서비스가 이루어진다.

Fig. 1. 공기질 관리 서비스 모듈 및 서비스 흐름도

3. 비용분석 모델 설정

전과정비용 분석은 대상 시스템의 전 단계에서 발생되는 비용을 합산·평가하는 경제적 기법으로 대안선정에 대한 의사결정에 중요한 정보를 제공할 수 있다. 다시 말해서 서비스의 전과정에서 발

생하는 소요비용 즉, 설계, 연구개발, 투자, 운용 및 유지, 수리·교체, 폐기 및 기타 비용 등이 포함된다. 본 연구에서는 주요 소요 비용인 투자비용과 운영비용 그리고 유지·보수 비용으로 항목을 설정하였으며, 불확실한 연구개발비용, 폐기·재활용 비용은 제외하였다. 또한 본 연구는 전과정기법을 단순화하여 서비스 도입 이전 각각의 서비스 단가와 비용저감 전략을 수립하기 위한 연구로, 미래가치는 고려하지 않고 현재가치로 설정하여 산정하였다.

- **투자비용(Capital Cost)** : 대상 시스템 구축을 위해 투입되는 장비·시설 등의 초기투자 비용
- **운영비용(Operating Cost)** : 대상 시스템 운영을 위해 투입되는 비용 및 외적으로 생산되는 부가적 이득 등의 합산 비용
- **유지·보수 비용(Maintenance Cost)** : 대상 시스템 유지(장비·시설)를 위해 투입되는 부품교체 및 정기적 유지비용

Table 1. 전과정 비용산정을 위한 비용항목별 고려사항

비용유형	투자(자본)비용	운영비용	유지·보수 + 폐기비용	부가적 이득
비용항목	• 경성비(Hard cost) -시설·장비 투자비 • 연성비(Soft cost) -기술개발비 -설계비	• 서비스 공급자 -인건비, 서비스 관리비 (서버, 데이터관리비) • 서비스 사용자 - 제품 사용비 (전기료 등)	• 유지비 -필터교체 등 • 보수비 -제품·부품 교체비 • 폐기비 -폐기·재활용 처리비용	• 대상 시스템 운영상 부가적인 이득 ex) 중고품 판매수익 부가서비스 수익 등
일반적 산정기법	기술비용 방식 + 유추 방식	유추 방식+ 매개변수 방식	유추 방식	기술비용 방식 + 유추 방식
제품 평가	제품당 투자비	제품 당 운영비용	제품 당 비용	제품 당 수익
시스템 평가	투자비	시스템 운영비용 (서비스 모델링 설계)	시스템 유지·보수비용 (서비스 모델링 설계)	시스템 수익

4. 모듈별 비용분석 모델설정 및 비용산정

앞서 설정된 7가지 서비스 모듈 중 제품개발이 이루어지지 않거나 서비스 단가 산정이 곤란한 공기질 관리 컨설팅 및 자동환기기기 기반의 공기질 개선은 제외하여 총 5개 모듈에 대한 평가가 이루어졌다. 각각 모듈별로 서비스 흐름을 분석하고, 서비스 흐름에 따른 비용 산정모델을 구축하였다. 구축된 모델에 따라 소요되는 비용을 조사·수집하였으며, 최종적으로 서비스 단가를 산정하였다. 본 고에서는 5가지 모델 중 온라인 모니터링 기반의 공기질 측정을 예시로 설명하고자 한다.

4.1. 서비스 모듈 분석

온라인 모니터링 기반의 공기질 측정은 상시 공기질 측정 서비스로, 원격측정기 설치, 상시 모니터링, 정보관리로 구성되며, 대상 공간의 상시적 모니터링 및 측정정보를 제공하는 서비스이다.

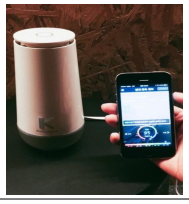
원격측정기	상시 모니터링 시스템	측정정보 제공
		
실내외 측정	서비스 운영 서버	사용자 정보제공

Fig. 2. 공기질 관리 서비스 모듈 및 서비스 흐름도

4.2. 비용항목 산정 및 모델링

대상 서비스 모듈을 분석하는 과정에서 비용항목이 설정되며, 이 항목간의 연관성을 통해 산정모델이 설정될 수 있다. 본 고에서는 예로, 온라인 모니터링 기반의 공기질 측정 서비스 모듈에 대해서 설명한다. 관련 서비스 모듈에 대한 비용항목은 다음 표 2와 같다.

Table 2. 온라인 모니터링서비스 모듈의 비용항목 및 수집데이터 (예)

투자(자본)비용(Io)	운영비용(Oo)	유지보수 + 폐기비용(Mo)	부가적 이득(Bo)
• Hard cost -실내 측정기기 -실외 측정기기 -데이터/서비스 서버 • Soft cost -소프트웨어 구입비 -앱개발비	• 서비스 공급자 -서버 운영비 (인건비, 전기료, 네트워크 사용료) • 서비스 사용자 - 실내외 측정기기 운영비(전기료)	• 유지비 - 실내외 측정기기 설치비 • 보수비 - 없음 • 소모품비 - 없음	• 해당사항 없음

● 총비용 : 온라인 모니터링 서비스 동안 정보관리(N=500 개소)에 소요되는 총비용

■ $TC_o = I_o + O_o + M_o$: 투자, 운영, 유비보수비의 합

● 투자비(Io) : 온라인 관리에 소요되는 투자비

■ $I_o = (2i_{in} + i_{out}) \times N \times \frac{T}{t} + (i_s' + i_{s \cdot sw}' + i_{app}')$: 5년 기준, 서버 및 모니터링 구축비

- in, out : 개소별 모니터링 구축비(실내 측정기는 30평기준, 1개소당 2개설치)
  * 실내외 측정기는 센서 수명을 고려, 2.5년(t)으로 설정
- s(서버), s.sw(서버소프트웨어), app(핸드폰 어플리케이션)

● 운영비(Oo) : 모니터링에 소요되는 운영비

■ $O_o = (o_m + o_{s \cdot n} + o_{s \cdot e}) \times T + (2o_{in \cdot e} + o_{out \cdot e}) \times N \times T$

: 서버기기 수명동안의 소요 운영비

- m(서버운용 인건비), s.n(서버 네트워크 유지비), s.e(서버 전기료)
- in.e(실내측정기 전기료), out.e(실외 측정기 전기료)
- T(서버 평균 수명)

● 유지보수비(Mo) : 모니터링 관리에 소요되는 유지보수비

■ $M_o = (m_m + m_t) \times \frac{N}{5} \times \frac{T}{t}$: 서버기기 수명동안의 모니터링 측정기 설치비용

• m(설치 인건비), t(설치 출장비)

● 서비스 모듈당 단가(UCo) : 서비스 단위당 소요되는 모니터링 단가

■ $UC_o = \frac{I_o + O_o + M_o}{N \times T} = \frac{TC_o}{N \times T}$: 연간 온라인 모니터링 서비스 당 소요비용

4.3. 비용항목 수집

설정된 산정모델을 통해 최종적으로 수집된 비용정보를 접목함으로써 서비스 모듈에 대한 비용이 산정된다. 관련 비용은 서비스 제공 기업의 협조를 얻어 수집하였으며, 관련 세부적인 비용정보는 특정기업의 정보로 본 고에서는 공개하지 않는다.

5. 공기질 관리 비용분석 결과

대상 서비스를 모듈화하여, 다양한 조합의 서비스 설정이 가능하다. 가령 현장 측정과 현장 개선 또는 온라인 모니터링과 청정기 기반 공기질 개선 등이 선택적으로 적용될 수 있다. 그러나 서비스 제공자 측면에서는 이 같은 서비스 모듈을 수행하기 위해서는 모든 모듈에 대한 인프라와 운영역량이 필요하다. 따라서 전체 서비스 모듈을 대상으로 각각에 대한 비용분석과 함께, 특정기간 동안 서비스 제공에 필요한 비용을 추정하였다.

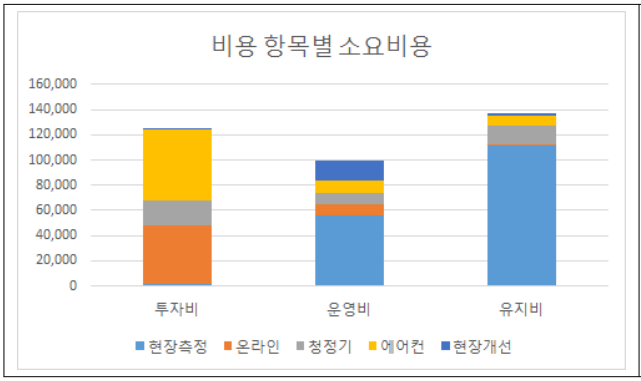
전과정 비용평가는 시간에 걸쳐 발생되는 비용을 추정하기 때문에 미래 가치를 반영하여 산정하는 것이 일반적이나 본 연구에서는 서비스 설계 초기의 불확실성과 비용산정을 단순화함으로써 이해도를 높이고자 미래 가치(가격상승률, 이자율 등)를 고려하지 않았다. 또한 폐기비용의 경우 원자력 설비, 대형시설 등 환경적 처리비용이 높거나 대규모의 폐기물이 발생하는 모델과 달리 일반적으로 폐기비용이 차지하는 부분이 작아 제외하였다. 각 서비스 모듈의 기기 수명과 산정의 편의성 등을 고려하여 전체 전과정은 10년으로 설정하였다.

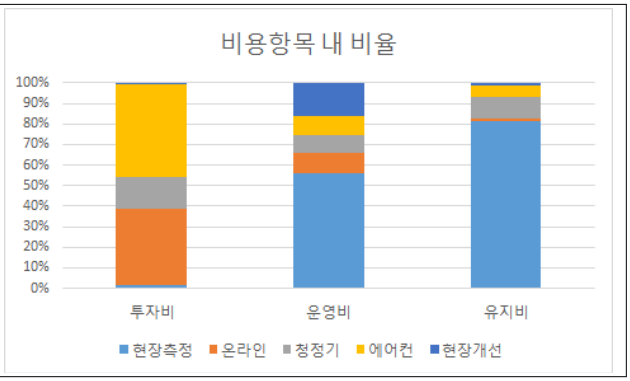
5가지 서비스 모듈별 비용항목 분석결과 총 소요비용은 약 3.6억만원으로 분석되었으며 초기 투자비가 1.24억, 운영비가 1.0억, 유지비가 1.36억으로 산정되었다.

Table 3. 공기질 관리 서비스에 대한 비용항목별 분석결과

구분	현장측정	온라인	청정기	에어컨	현장개선	합계
투자비	1,892	46,400	19,500	56,100	1,043	**124,935**
운영비	55,833	9,400	9,000	9,000	16,080	**99,313**
유지비	111,438	2,540	1,500	7,500	1,608	**136,816**

합계	169,163	57,070	43,500	72,600	18,731	361,064





전체 비용 중, 투자비는 34.6%, 운영비는 27.5%, 유지비는 37.8%로 산정되었으며, 투자비에서는 에어컨 44.9%, 온라인 37.1%, 운영비에서는 현장 측정56.2%, 현장개선 16.2%, 유지비에서는 현장 측정 81.5%, 청정기 11.0% 순으로 높게 나타났다. 전체적으로 투자비와 유지비가 크게 나타나며, 이는 서비스 구현을 위해 구축해야되는 하드웨어와 관련성이 높다.

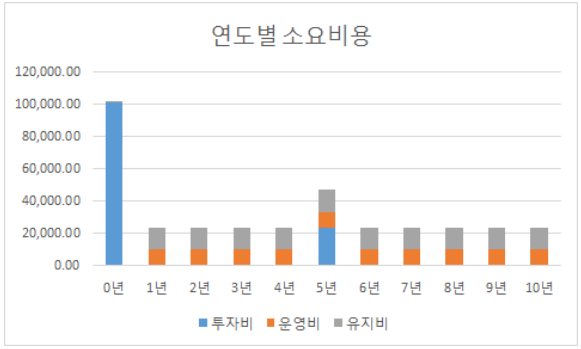
투자비는 서비스 초반 또는 서비스 구현을 위해 구비되어야할 장비 등의 비용으로 단가가 높은 에어컨과 측정개소가 많은 온라인 모니터링에 대한 투자비용이 높게 나타나고 있으며, 운영비는 장비 등의 운영·관리를 위한 비용으로 현장 측정과 개선장비에 대한 비용이 큰 것을 확인할 수 있다. 유지비는 서비스를 위해 투입되는 비용으로 주로 출장비 등이 높게 나타나며, 현장측정의 경우 측정개소(2,500개)가 많아 크게 산정되었다.

10년을 기준으로 하여 소요되는 비용을 살펴보면, 서비스 제공을 위한 초기투자 이후, 서비스 운영에 소요되는 일정비율의 운영비와 유지비로 구성되며 특정 기간에 대해, 추가적인 기기 구매(투자비)가 발생되는 패턴을 나타내고 있다.

Table 4. 서비스 운영(10년)에 대한 비용항목별 분석결과

구분	0년	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년	9년	10년
투자비	101,735	0	0	0	0	23,200	0	0	0	0	0
운영비	0	9,931	9,931	9,931	9,931	9,931	9,931	9,931	9,931	9,931	9,931
유지비	635	13,554	13,554	13,554	13,554	14,189	13,554	13,554	13,554	13,554	13,554

■ 주요 설정기준(연)
- 현장측정 2,500개소
- 온라인모니터링 500개소
- 청정기/에어컨 기반 300개소
- 현장개선 240개소 서비스 기준



6. 결론

비용 분석결과에서 살펴볼 수 있듯이, 공기질 관련 주요 비용요소는 투자비와 유지비 항목에서 전체비용의 72.5%를 차지고하고 있는 하드웨어에 집중되어 있다. 현재 고려된 장비, 기기, 제품의 경우 서비스를 고려한 제품이라기보다는 개별적 판매에 중점을 둔 제품으로 비용을 낮추기 위한 다양한 개선 요소가 존재할 것이다. 가령, 측정 장비의 경우 휴대성, 측정 시간, 작동 편의성 등을 개선할 수 있으며, 청정기 등의 제품의 경우 불필요하거나 또는 중복적인 기능, 유지관리적인 측면에서 개선을 통해 서비스 운영의 효율 높이고 비용을 저감할 수 있을 것이다.

다양한 서비스 모델의 도입을 위해서는 기업의 (투자)리스크를 줄이고, 시장에 대한 가능성을 제시해 줄 필요가 있다. 미세먼지 등 사회 전반의 관심이 높아진 시점에서 해당 시장에 대한 잠재적인 수요가 확보되었다고 할 수 있으나, 이에 대한 사업화는 기업의 몫으로 현실적인 리스크 해소가 기업의 시장참여와 새로운 사업모델의 등장을 유도할 수 있을 것으로 사료된다.

마지막으로 본 연구의 해석에 있어 다음과 같은 주의할 필요가 있다. 첫째 서비스와 관련된 전과정적 비용을 산정하였으나 모든 비용항목을 포함한 것은 아니다. 둘째 서비스 모델에 있어서 단순화된 모델로 서비스 중에 추가적으로 발생할 수 있는 요소 등 복잡 다양한 서비스의 모든 흐름을 대변하지는 못한다. 셋째 대부분의 사업모델은 점진적으로 그 서비스 대상이 확대된다. 현실에서는 연차에 걸쳐 점진적으로 증가하게 되나 그러한 동적인 모델은 적용하지 않았다. 마지막으로 앞서 언급한 바와 같이, 미래의 금전적인 가치를 반영하지 않은 결과로 해석에 유의해야 된다.

Reference

1) 건국대학교 박사논문, 환경성과 경제성 분석을 이용한 최적의 국내 수소 인프라 구축 연구, 이지용, 2008.02
2) Stat of California, Life Cycle Cost Analysis Procedures Manual, 2013. 08
3) Stanford University, Guidelines for Life Cycle Cost Anslysis, 2005.10
4) 케이웨더 홈페이지, www.kweather.co,kr