

2008년 생활폐기물 이송관로 관련 연재

이 준 영

주제명 : 공기이송시설의 경제성 평가

저 자



1. 성 명 : 이 준 영 (李俊泳)
2. 생년월일 : 1963년 7월 24일
3. 학 력 : 홍익대학교 공과대학 기계공학과 (학사, 1990)
아주대학교 산업대학원 환경공학과 (석사, 2007)
4. 경 력 : 한국토지공사 시설사업처 (1989~2008)
행정중심복합도시건설개발처 (2008~현재)

1. 서론

현재 운영되고 있는 생활폐기물의 수거 방법은 수거시간이 많이 소요되고, 운반차량으로 인한 교통 체를 유발하며 수거 지체시나 운반차량의 이동시 침출수에 의한 악취발생 등 많은 문제점이 있다. 또한 주민의 생활수준 향상으로 삶의 질에 대한 욕구 증대와 환경 및 미관에 대한 관심이 커지면서 기존의 수거방법은 한계점에 봉착하여 이러한 문제점을 해결할 수 있는 새로운 수거 및 운반 방식의 도입이 대두되고 있는 시점이다.

새로운 수거 방식 중의 하나인 폐기물 자동집하시설은 생활폐기물을 일정한 위치에 설치된 투입구에 버리면 폐기물 수송시스템을 통해 중앙처리장으로 운반되어 처리하는 방법으로서 최근 국내에 적용사례가 증가하고 있다. 수송관로시스템은 무인 자동화가 가능하며, 분진·악취·소음·진동·교통체증 등을 야기

하지 않아 2차 오염을 예방할 수 있으며, 지하 매설로 외부에 드러나지 않는다. 기존 수거시스템에 대한 수송관로시스템은 대상 폐기물이 외계와 차단되어 있어 무공해형 수송 수단인 동시에 투입시에도 특별한 공급장치가 필요하지 않으므로 외계의 영향도 거의 받지 않는 전천후형 방식이며, 다점의 배출원에서 한 곳으로 집중수송이 가능하기 때문에 폐기물 수집, 수송에 적합한 장점이 있다.

용인 수지2지구의 쓰레기 관로수송시스템의 경제성 평가 자료를 바탕으로 성남판교지구 쓰레기 관로수송시스템의 설치 타당성을 검토하였다.

2. 현황

폐기물 자동집하시설은 1960년대 초 스웨덴 Envac Centralsug사에서 주거지역 내 폐기물 수거의 환경위생적인 해결 대안을 찾기 위한 연구 개발로 시작되었

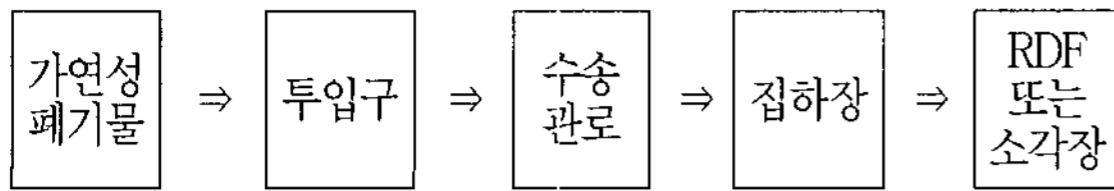


그림 1. 폐기물 수송관로방식의 흐름도

으며, 스웨덴의 병원(Solleftea)에서 소형 시스템을 가동한 후 1967년 세계 최초로 스톡홀름 교외의 선드비베르그에 600호 규모의 시스템을 완성하였다. 70년대 후반에는 미국의 병원과 호텔에서 이 방식을 채택하였으며, 일본에서는 신도시이 도입하기 시작하였다.

폐기물 자동집하시설이 국내에서 공식적으로 최초로 설치된 곳은 1996년도에 준공된 83세대, 30층 규모의 주상복합아파트인 서울의 시그마타워이다. 일반 가연성폐기물만을 대상으로 서울의 우성캐릭터199에는 옥전한진(Okjeon Hanjin ; OH)시스템이 설치되었으며, 이후 10여 개소에서 주상복합건물, 병원, 우체국 등 공공시설에 옥내형 수송시스템이 설치되었다.

주택단지에 적용된 최초의 대규모 자동집하시설은 2000년에 가동하기 시작한 약 8,000세대의 용인 수지2지구에 설치된 Envac Centralsug사의 시스템이며, 2005년 준공된 약 7,900세대의 송도 신도시2공구에도 설치, 운영되고 있다. 또한 최근 개발 중인 김포장기지구, 용인홍덕지구, 은평뉴타운지구, 성남판교지구, 인천청라지구 등에 공사가 진행 중에 있으며 파주운정지구, 대전서남부지구, 남양주별내지구, 행정중심복합도시, 김포양촌지구 등에도 폐기물 자동집하시설을 계획하고 있다. 향후 신도시 개발과 함께 지속적으로 적용사례가 늘어날 것으로 예상된다.

폐기물 수송관로시스템은 중앙제어 시스템의 통제에 의하여 지하매설 관로에 흐르는 약 20~30m/s의 고속 공기와 함께 중앙 집하시설로 운반되어 폐기물의 종류에 따라 소각장에 직접 투입시키거나 컨테이너에 자동 적재 후 최종 처리장까지 운송하는 시스템이다. 그림 1은 폐기물 수송관로방식의 흐름도이다.

수송관로시스템의 종류는 고정식 수송관로방식과 이동식 수송관로방식으로 대별된다. 고정식 수송관로시스템의 주요설비는 수용가, 아파트단지 등 옥내외에 설치하는 투입시설, 도로나 녹지 등의 지하에 매설하는 수송관로, 폐기물소각장내 또는 공원 등에 설치하는 집하장으로 구성된다.

이동식 수송관로시스템은 중앙 집하장 대신 진공 압축차를 이용하여 흡입 운반하는 소규모 시스템으로

서 100세대 내외의 소규모 단지에 유리하다. 이동식 수송관로시스템은 송풍기, 압축기, 필터 등을 탑재한 특수차량을 이용하여 단지 외부의 도킹(Docking) 포인트를 이용하여 폐기물을 수거하는 것으로 폐기물 차량이 단지에 진입 할 필요가 없고 모든 과정은 자동으로 이루어져 운전기사 1인이 모든 수거과정 수행이 가능한 장점이 있다.

3. 폐기물 수송관로 경제성 평가

3.1 관로수거 대상폐기물 조사

폐기물 수송관로에서 수거하는 폐기물의 종류는 지역에 따라 다양하나 일반적으로 음식물폐기물을 포함한 가연성폐기물을 주로 수거하고 있다.

불연성폐기물은 주로 화분, 식기류 등으로 밀도가 높고, 수거 시 관로 마모 및 손상이 우려되며, 발생량 또한 가연성폐기물에 비해 미미하므로 관로수거 대상으로는 부적합하다. 재활용품의 경우도 악취 등 환경영향이 적고, 수송관로에 따른 공병류 파손 등 재활용품 가치하락이 예상되므로 관로수거 대상으로는 다소 부적합하다. 관로수거 대상폐기물은 지역의 여건 등을 종합하여 결정해야 하는 요소이기는 하지만 일반가연성폐기물, 음식물폐기물을 기본 수거대상으로 하고 불연성폐기물 및 재활용품은 여건에 따라 탄력적으로 검토하여야 할 것이다.

국내 운영 및 건설 중인 폐기물 수송관로의 관로수거대상 폐기물은 표 1과 같이 조사되었다. 국내 최초로 설치된 용인 수지2지구의 경우 일반 가연성폐기물

표 1. 국내 운영 및 건설 중인 폐기물 수송관로의 관로수거 대상 폐기물 종류

구 분	일반 가연성	음식물 폐기물	불연성 폐기물	재활용품	비고
용인수지2지구	○		○		
송도신도시 2공구	○	○			
김포장기지구	○	○			
용인홍덕지구	○	○			
은평뉴타운지구	○	○			
인천청라경제구역	○	○			
성남판교지구	○	○			

과 음식물폐기물을 혼합수거하고 있으며 불연성폐기물도 수거하고 있다. 최근에 공사를 완료하였거나 건설 중인 수송관로에서는 일반 가연성폐기물과 음식물폐기물을 분리하여 수거하고 있으며 김포장기지구, 행정중심복합도시 등 대부분 자동집하시설은 음식물폐기물과 일반 가연성폐기물 투입구를 별도로 사용하도록 설계하였으며, 불연성폐기물의 별도 투입구는 설치하지 않았다. 각각 설치되는 투입구를 통하여 일반가연성폐기물과 음식물폐기물을 수거할 계획이며 수송관로는 단일관으로 이용하고 있다.

투입구는 비교 대상 7개 지구가 일반가연성, 음식물폐기물로 분류된 배치기준으로 설계되어 있으며 공동주택, 단독주택, 상업 및 업무시설 및 기타 공공시설 등으로 분류되어 있다.

3.2 적용모형

수송관로방식과 기존의 수거방식을 계량적으로 비교하기 위하여 비용편익분석법, 할인현금법 및 발생하는 대기오염물질을 조사하는 방식을 채택하여 우월성을 검토하였으며 각 방법에 대한 개요는 다음과 같다.

3.2.1 비용편익분석법

비용편익분석은 공공 투자 사업이나 공공정책의 경제적 효과를 평가하는 수단으로써 경제적 비용과 그 사업과 정책에 의해 얻게 되는 편익을 비교하여 사업이나 정책의 경제적 타당성을 판단하는 기법이다. 타당성 분석을 위한 경제성의 실증분석을 위한 비용편익분석에 적용한 모형식은 아래와 같고 기존 폐기물 수거운송 시설과 새로운 자동집하시설을 상호 비교하는 형태로 비용식과 편익식으로 구성된다.

$$BD = BN - BC$$

$$CD = CN - CC$$

$$NPV = \frac{\sum_{i=0}^T (BD_i - CD_i)}{(1+r)^i}$$

여기서, BD : 두 시설 간의 편익차이

CD : 두 시설 간의 비용차이

BN : 자동집하시설에 의해 발생하는 편익

BC : 기존 수거운반 시설에 의해 발생하는 편익

CN : 자동집하시설 도입에 따른 비용

CC : 기존 수거운반 시설에 의해 발생하는 비용

NPV(Net Present Value) : 두 시설간의 순편익 차이의 현재가치

r : 무위험 할인율

i : 년도(0,1,2,3,...T), T : 자동집하 시설의 내구 연한

이 계산에서 순현재가치(Net Present Value ; NPV)가 양(+), 영(0), 음(-) 인지를 계산하여 폐기물 자동집하시설이 기존 폐기물 수거운송 시설에 비해 경제적으로 더 우월한지를 판단할 수 있다. 즉, NPV가 양(+) 이면 우월하고 음(-) 이면 열등하다는 의미이다.

3.2.2 할인현금법

비용편익분석에서 채택하는 전통적인 가치평가법은 할인율 적용 여부에 따라 할인현금흐름법(Discounted Cash Flow Method ; DCF)과 비할인현금흐름법(Non-Discounted Cash Flow Method ; NDCF)으로 대별된다. 비할인 현금흐름법(NDCF)은 계산법이 간단하여 쉽게 적용이 가능하나 현금흐름의 시간적 가치가 반영되지 않는 단점이 있다. 할인현금흐름법(DCF)은 할인율을 이용해 시간의 가치를 반영하며, 순현재가치(Net Present Value ; NPV), 편익비용비율(Benefit Cost Ratio ; B/C Ratio), 내부수익율(Internal Rate of Return ; IRR) 등이 있다. 이 중 순현재가치(NPV)방법은 시장이자율이 안정되어 사회적 할인율에 대한 신뢰도가 높고, 초기투자비에 대한 조달능력이 충분한 상황에 유용한 기법으로서 대형 투자자본의 조달이 정부 등 공익기관에 의해 보증되고 그 이자율도 사업초기에 확정 금리로 정해지는 공공사업의 투자평가에 가장 적합한 평가방법일 뿐만 아니라 선진국에서도 가장 일반적으로 활용될 정도로 그 신뢰성이 높다. 독립 사업이 아닌 여러 사업을 동시에 비교할 경우 대규모 사업일수록 큰 순현재가치가 발생하게 되어 통상 대규모 사업일수록 유리하다.

순현재가치(NPV)방법으로 예산하면 성남 판교지구의 자동집하시설 설치에 따른 초기투자비는 약 913억 원 소요되며, 연간 유지관리비는 연간 약 14.9억 원으로 산출되었다. 기존 폐기물 수거운반 방식에 따른 초기 투자비는 약 12.5억 원이며, 연간 유지관리비는 연간 약 30억 원으로 나타났다.

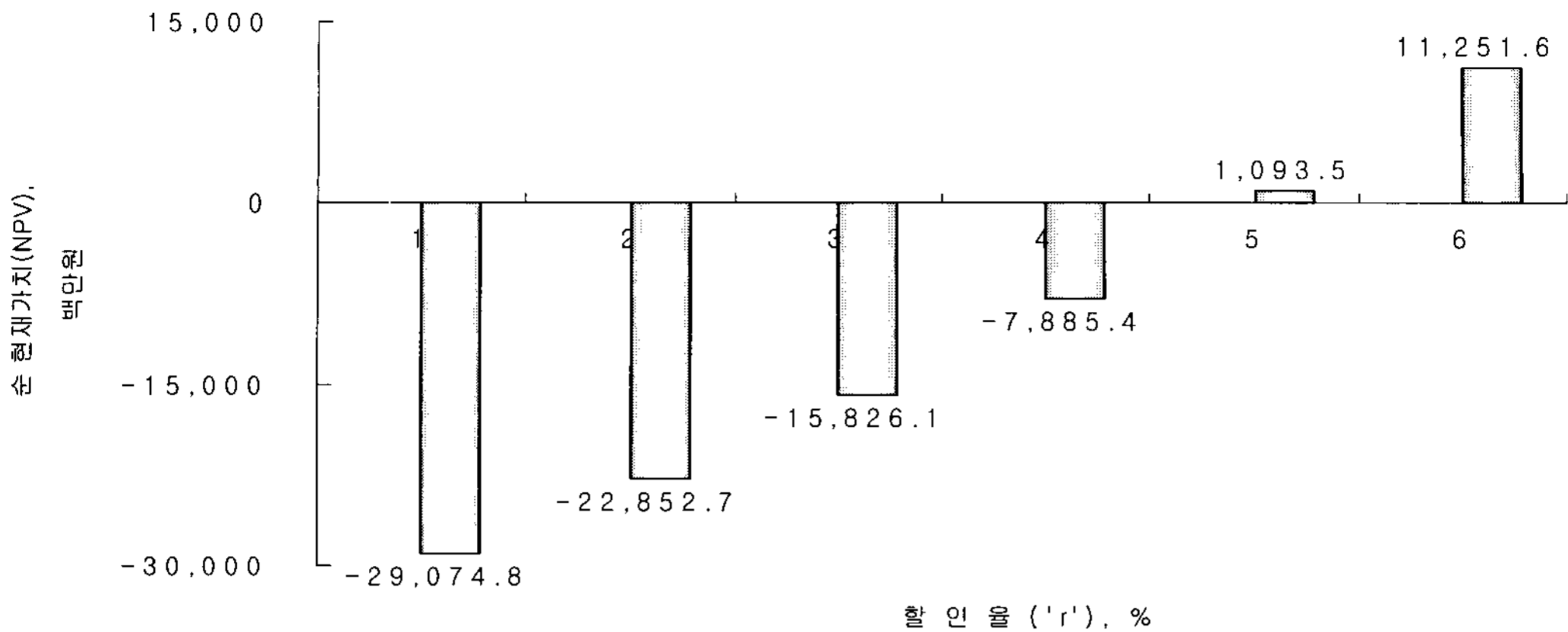


그림 2. 할인율 변동에 따른 순현재가치의 변화

기존 시설에서 해결해 주지 못하는 문제들을 해결함으로써 나타나는 자동집하시설 도입에 따른 편익 발생부분은 기존 용인 수지2지구를 대상으로 한 자료를 인용하여 예측하였다. 편익 발생항목은 a)폐기물을 집박의 수거장소나 수거함까지 옮기는 데에 따르는 불편함을 제거하는데서 발생하는 편익, b) 폐기물을 수거해 가기 전까지 발생하는 냄새, 위생, 미관상의 문제를 제거하는데서 오는 편익, c) 폐기물 수거를 위해 청소용 장비나 차량이 운행될 때 발생하는 소음, 매연, 미관, 교통 체증상의 문제를 제거하는데서 오는 편익으로 구분하였다.

용인 수지 2지구는 편익부분을 주민 전체에 적용하였으나 성남 판교지구의 경우에는 세대당 1인만이 편익을 느낀다고 가정하여 적용하였다. 1인이라 함은 폐기물을 직접 버리는 주부만이 해당한다고 가정하여 용인 수지2지구 보다는 보수적 관점으로 편익을 적용하였으며 부과금액도 세대당 기준으로 적용하면 연간 약 12.2억 원이 발생한다.

계획도시인 성남판교지구 내에는 인구 증가율이 없는 것으로 하였으며, 물가 상승률을 5% 반영하여 20년간의 편익흐름은 5년 단위로 주민편익이 2012년 67억 원, 2017년 153억 원, 2022년 262억 원, 2027년 402억 원 발생되므로 주민 측면에서 필요함을 알 수 있었다.

순편익 현재가치는 비용흐름과 편익흐름에 할인율을 적용하여 무위험 할인율 5%에서의 편익의 가치 약 402억 원으로 계산되었으며, 이 때 편익이 비용보다 큰 것으로 나타났다.

비용흐름과 편익흐름으로 순현재가치를 구해 할인

율에 따른 순가치의 변화를 그림 2에 도시하였다. 무위험 할인율 5%에서 순현재 가치는 약 10억 9천만 원으로 계산되었다. 순현재 가치의 크기는 할인율이 줄어들어 따라 감소하는 경향을 보이며 할인율 4%까지는 음(-)의 값을 보이다가 할인율5% 부터는 양(+)의 값으로 증가하고 있어 무위험 할인율의 변화에 의한 민감도가 대체로 안정적으로 나타났으며 현재가치로 보아 성남판교지구 쓰레기 자동집하시설 도입은 경제성이 있음을 알 수 있다.

3.3 대기오염물질에 의한 경제성 분석

자동차로부터 배출되는 대기오염 물질은 CO, CO₂, NOX, SO₂, HC, TSP 등이다. 사람이 오염된 대기에서 생활하게 되면 호흡기 질환, 정신적 피로감 등 직접적인 영향을 미칠 수 있으며, 간접적으로는 온실효과, 광화학적 스모그 현상 등 환경에 영향을 미치게 된다.

폐기물 자동집하시설의 설치 및 운영에 따른 환경적 편익으로서 대기오염물질 발생량 저감을 고려하였다. 폐기물 자동집하시설의 도입에 따른 대기오염물질의 감소 정도를 분석하기 위해서 기존 수거운반 시설에 필요한 청소차량의 운행 시 배출되는 대기오염 물질의 배출량을 산정함으로써 폐기물 자동집하 시설의 대기오염물질 배출량 저감 효과를 예측하였다.

성남판교지구는 281만 평(929만 m²) 규모의 29,350세대가 거주하는 단지로 예상 폐기물 발생량은 93.6톤/일 정도이다. 93.6톤/일 중 폐기물 수송관로를 이용하여 수거되는 양은 불연성폐기물과 재활용을 제외하고

약 47톤/일 정도가 수거된다. 기존 수거운반 시설에 필요한 생활폐기물 차량은 약 22대이다.

일반폐기물 운반에 사용되는 차량은 5톤 차량으로 1대당 소요되는 연료의 시간당 사용량은 연료 7.4ℓ, 1일 작업시간 8시간, 1년간 작업일수를 308일을 적용하여 유류사용량을 차량 1대당 18,233ℓ로 산정하였다. 폐기물 수거차량 1대당 배출되는 대기오염물질의 배출량을 용도별, 유종별 배출계수 중 수송부문 계수와 연간 유류 사용량을 기초로 하여 환산하면, 5톤 트럭 1대당 1년간 발생하는 대기오염 물질 배출량은 TSP 41kg, SOX 9kg, CO 230kg, HC(VOC) 55kg, NOX 577.1kg 으로 추정할 수 있다.

따라서 성남판교지구 배출폐기물을 차량에 의하여 운송할 경우 5톤 트럭 22대의 운영이 필요하며, 연간 대기오염 배출량은 TSP 895kg, SOX 204kg, NOX 12,694kg, HC(VOC) 1,199kg, CO 5,053kg이 배출되는 것으로 산정하여 성남판교지구 폐기물 자동집하시설에 따른 대기오염 배출량은 연간 20톤이 저감되고 비용은 186백만 원이 저감되는 것으로 추정할 수 있다.

4. 결론

관로수거 대상폐기물은 지역의 여건 등을 종합하여 결정해야 하는 요소이기는 하지만 일반가연성폐기물,

음식물폐기물을 기본 수거대상으로 하고 불연성폐기물 및 재활용품은 여건에 따라 탄력적으로 검토할 것을 권장한다. 수송관로방식을 채택함에 있어 기존의 수거방식을 대체하기 위한 계량적 평가방법은 비용편익분석법, 할인현금법 및 발생하는 대기오염물질을 조사하여 그 타당성을 검토한 결과 수송관로시설을 도입함으로써 경제성이 있음을 알 수 있었으며 또한 대기오염 배출량이 저감되는 것을 추정할 수 있다

용인수지2지구를 대상으로 한 설문자료를 인용하여 기존 시설에서 해결해 주지 못하는 문제들을 해결함으로써 나타나는 편익을 예측하여 성남판교지구의 자동집하시설 도입에 따른 경제성을 검토한 결과, 자동집하시설 순현재 가치는 약 10억 9천만 원으로 경제적 타당한 것으로 결론지을 수 있다. 운영관리는 운영의 조기정상화와 설계·시공·운영을 통합함으로써 기술 축적이 용이하고 하자보수 등의 처리가 신속한 건설사 위탁 운영방식을 권장한다.

참고문헌

- (1) 한국토지공사, 2006, “성남판교 쓰레기 자동집하시설 기본계획보고서,” pp. 365~382.
- (2) 이준영, 조순행, 2006, “쓰레기 자동집하시설 국내 표준안 수립을 위한 기초조사,” pp. 1~85.