

생활폐기물 적환장의 운영에 따른 수거효율성 분석

유기영[†]

서울연구원 기획조정본부

Effect of Waste Transfer Stations on Collection Efficiency in Seoul

Kee-Young Yoo[†]

Office of Planning and Coordination, The Seoul Institute

(Received: Jan. 10, 2018 / Revised: Feb. 22, 2018 / Accepted: Feb. 22, 2018)

ABSTRACT: 25 local districts in Seoul have been running Waste Transfer Stations(WTSs) to secure regional collection bases, to connect between collection systems and waste treatment systems, and to commit various pre-screening of mixed wastes. There were, however, few previous researches to define how much WTSs are beneficial to waste collection system at least in Korea. So this study analyzed costs of waste collection systems with varied haul distances from waste sources(WSS) to WTS or building types of WTSs. Major results showed that the closer WTS is to WS or the cheaper the construction cost of WTS is, the lower the cost of waste collection system is. There was an additional result that WTS system with more than 15 km of total haul distance might be useful in Seoul and encapsulation of WTS in building or underground will make effective total haul distances longer up to 35km.

Keywords: waste transfer station, collection cost, total haul distance, building type

초 록: 서울시 25개 자치구는 수거거점 확보, 수거시스템과 처리시스템의 연결, 간이 선별 등을 목적으로 생활폐기물 적환장을 운영하고 있다. 그러나 적환장시스템이 효율적으로 운영 가능한 총운반거리 등 구체적인 적환장 운영조건에 대해 분석한 국내사례는 없다. 본 연구는 적환장 운영 여부, 발생원으로부터 적환장까지의 운반거리, 적환장의 건물형태 등을 변화시키면서 수거비용의 변화를 관찰하였다. 그 결과 적환장이 쓰레기 배출원에 근접할수록, 적환장의 건설비가 저렴할수록 수거비용은 감소하였고, 건물 없는 적환장의 확보가 가능한 지역은 총운반거리가 15 km 이상만 되어도 적환장을 운영하는 것이 운영하지 않는 경우보다 유리한 것으로 나타났다. 그러나 지하시설물로 적환장을 확보해야하는 지역에서는 유효한 총운반거리가 35 km 이상으로 늘어났다.

주제어: 적환장, 수거비용, 총운반거리, 건물형태

1. 서 론

폐기물 적환장은 수집차량에 적재된 폐기물을 하차하여 잠시 보관한 후 장거리 운반용 차량에 다시

적재하거나 관련된 공정을 수행하는 역할을 한다.¹⁾ 여러 대의 수집차량에 적재된 생활폐기물을 큰 차량에 적재하여 먼 거리에 있는 처리시설로 경제적으로 이동시키기 위한 장소이기도 하다.²⁾ 따라서 소

[†] Corresponding author(e-mail : keeyy@si.re.kr)

각시설, 매립시설, 음식물처리시설, 재활용선별장 등의 폐기물처리시설이 폐기물 발생원으로부터 멀리 떨어진 지역일수록 폐기물 적환장의 효용성은 커진다고 할 수 있다.

서울시 25개 자치구는 총 65개소, 자치구당 2~3개소의 적환장을 보유하고 있다. 청소를 담당하는 실무자들은 적환장을 확보하고 운영하는 것에 매우 적극적이다. 적환장은 적환 이외에 집하, 보관, 간이 선별이 가능하고, 심지어 넓은 공간은 청소차량 차고 및 정비, 청소인력 휴게실 등 다양한 용도로 활용이 가능하기 때문이다. 반면에 시장, 구청장 등 행정수장들은 적환장 없는 수거체계를 구축하도록 요구하는 경향이 있다. 적환장으로 인한 시각적, 환경적 문제 때문에 시설주변 주민들과 갈등이 발생하기 때문이다.³⁾ 실제로 유기영(2016)은 서울에 있는 적환장의 약 60%가 주거·상업지역에 위치하며, 건물 등으로 밀폐된 적환장은 43%에 불과하다고 지적한 바 있다.⁴⁾

북미지역과 유럽지역에서는 폐기물 발생원으로부터 처리시설까지의 총운반거리 25~30 km를 적환장 운영의 손익분기점(Break-even points)으로 보고 있다.^{2,5)} 일본 환경성은 총운반거리 17 km를 적환장 활용을 위한 경계지점으로 정하고 있다.⁶⁾ 그러나 우리나라에서는 적환장의 효용성에 대해 의견이 나뉘며, 폐기물의 수거체계에서 필수적인 요소인지 경제적인 시스템인지 연구된 바가 없고, 단지 민간수집운반업자들이 수거체계를 운영할 때 선택할 수 있는 대안시설 중 하나로 규정하고 있을 뿐이다.

이에 본 연구는 비용적인 측면에서 적환장이 생활폐기물 수거시스템에 미치는 영향을 분석하였다. 이를 위해 적환장의 운영여부, 총운반거리에서 적환장의 위치, 적환장 건물형태 등의 수거조건을 변화시키면서 생활폐기물 1톤의 수거에 소요되는 비용을 분석하였다.

폐기물 수거현장에서는 필요한 시설로 인식되고 적환장 인근의 주민과 정책결정자들은 적환장이 담당하는 적환, 선별, 보관 같은 기능을 적환장 없는 수송, 수거장비 개선, 재활용 선별장 이용 등으로 대체할 수 있다고 주장하는 상황에서 본 연구의 결과는 적환장 시설이 수거체계에서 비용적으로 도움을

주는지, 서울과 같은 과밀한 도시에는 적환장을 필요로 하는 수거체계의 조건은 무엇인지 확인하는데 도움이 될 것으로 기대한다.

2. 연구방법

2.1. 연구 절차

본 연구는 서울시 생활폐기물 수거체계의 일반화, 수거시나리오 작성, 인력 및 차량 수요 분석, 수거비용 분석의 순으로 진행되었다.(Fig. 1 참조) 생활폐기물 수거체계의 일반화단계에서는 수거조직마다 다른 수거체계를 단순화하여 서울을 대표하는 수거체계로 나타내었다. 수거시나리오 작성단계에서는 본 연구에서 중점적으로 관찰하고자 하는 수거요소를 정했다. 배출원에서 적환장까지의 운반거리, 적환장의 건물형태 등이 여기에 해당된다. 인력 및 장비 수요분석 단계에서는 수거시나리오에 따라 수거를 할 경우 소요되는 인력과 장비의 수를 산출하였

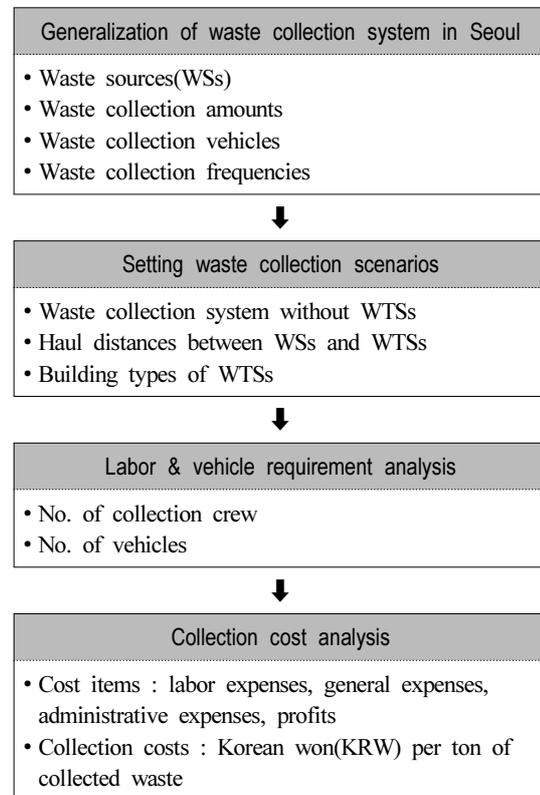


Fig. 1. Procedures of this study.

다. 수거비용 분석 단계에서는 인력 및 장비를 비용으로 환산하였다.

2.2. 서울시 생활폐기물 수거체계의 일반화

서울의 생활폐기물은 112개소의 생활폐기물 수집 운반업체에 의해 수거되고 있었다. 또한 112개소 수거업체는 수거대상 지역, 수거량, 수거회수, 장비구성 등이 상이하였다. 이에 서울을 대표할 수거여건, 즉 일반화가 필요하였다. 먼저 112개 수거업체 1일 수거량의 평균값을 취하여 종량제봉투쓰레기 24톤, 음식물류폐기물 22톤, 재활용품 7톤으로 정했다. 또한 일요일을 제외하고 3종류의 생활폐기물을 매일 수거하는 것으로 상정했다. Fig. 2는 서울의 대표적인 종량제봉투쓰레기의 수거방법을 보여주고 있다. 구체적으로 살펴보면 종량제봉투쓰레기의 45%는 단독주택에서 배출되었다. 이들의 35%는 1톤 적재용량 수집차량에 의해 65%는 5톤 적재용량 수집차량에 의해 수거되었다. 수거된 종량제봉투쓰레기의 32%는 적환장을 경유하지 않고 바로 소각시설로 운반되었고, 68%는 적환장을 거쳐 11톤 적재용량의 차량에 의해 소각시설이나 매립지로 수송되었다. 쓰레기 배출원에서 적환장까지의 운반거리는 평균 8.9 km(범위 2~20 km), 쓰레기 배출원에서 소각시설까지의 운반거리는 평균 14.3 km(범위 5~40 km),

쓰레기 배출원에서 매립지까지의 운반거리는 평균 48.9 km(범위 22~77 km)이었다.

2.3. 수거시나리오 작성

수거시나리오는 서울시의 수거체계를 기반으로 적용가능하거나 개선이 제기되는 부분을 감안하여 3가지로 설정했다. 먼저 적환장이 없이 1톤 또는 5톤 수집차량으로 생활폐기물을 소각시설, 매립지 등의 최종처분시설로 최대 100 km까지 직접 운반하는 경우를 상정했다. 현재 대부분의 서울시 자치구는 적환장을 이용하고 있는데 본 시나리오는 현 수거체계에서 적환장이 없다고 가정한 것으로 보면 된다. 다음으로 최대 100 km까지 생활폐기물을 운반하되 중간에 적환장을 두고 적환장 이후의 구간은 11톤 수송차량으로 수송하는 것으로 보았다. 실제 서울시 자치구들은 대부분 적환장을 운영하고 있으며 총운반거리도 이 범위에 있다. 마지막 시나리오는 적환장을 운영하되 적환장의 환경오염방지 기능에 차이가 있는 것으로 가정했다. 환경적으로 가장 취약한 형태는 건물없이 노상에서 적환하는 형태였다. 가장 엄격한 환경대책이 적용된 건물형태는 지하구조물로 적환장을 건설하는 것으로 보았다. 중간 형태의 적환장 건물형태는 지상에 건물을 설치하고 그 안에서 적환이 이루어지는 것으로 가정했다. 실

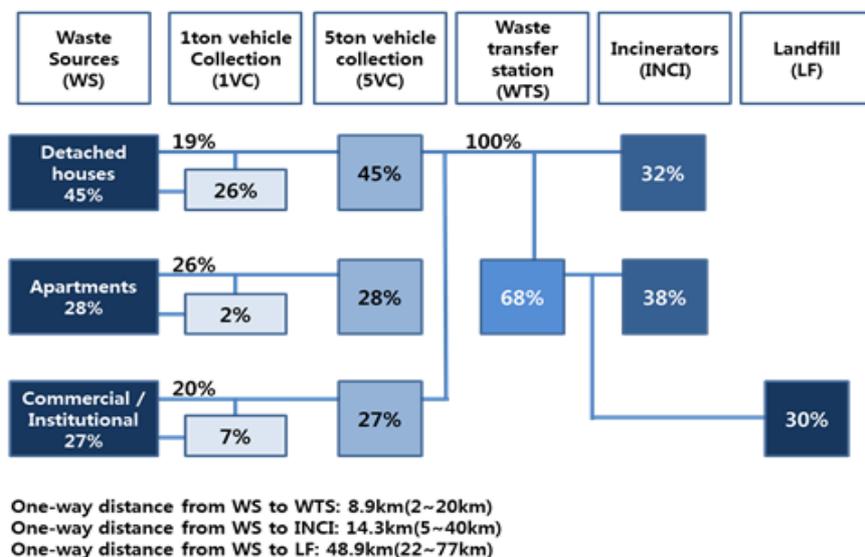


Fig. 2. Typical discarded waste collection scheme in Seoul.

제로 서울의 모든 적환장 건물들은 이상에서 언급하는 3가지 유형 중 하나로 분류가 가능하다.

2.4. 인력 및 차량 수요 분석

환경미화원 1인이 1시간당 수거하는 생활폐기물의 양은 배출원의 종류(단독주택, 아파트, 상가업무지역)와 수거지점(문전, 거점)에 따라 달라졌다. Table 1은 차량으로 수거를 할 때 환경미화원 1인 또는 2인이 수거하는 생활폐기물의 양이다. 서울시 표준 수거조건(Fig. 2)과 Table 1을 결합하면 소요되는 환경미화원이 산출된다. 한편 수거차량의 수는 인력의 수에 따라 배정되었다. 예를 들어 단독주택지역의 문전에서 중량제봉투쓰레기를 수거할 때는 사전수거인력 1인당 1톤 수집차량 1대가 배정되고, 5톤 수집차량은 상차인력 2인당 1대가 배정되었다. 거점에서 수거하는 경우는 사전수거인력과 1톤 수집차량이 불필요하고 5톤 수집차량만 상차인력 1인당 1대씩 배정되었다.⁷⁾

2.5. 수거비용 분석

수거비용은 산출된 인력과 장비에 시장가격을 반영하여 분석하였다. 환경미화원 인건비는 대한건설협회가 발표한 시중노임단가 중 보통인부의 인건비를 적용하되 각종 수당은 현장상황에 맞도록 채택했다. 수집차량의 감가상각비는 차량수명을 6년, 잔존가치는 없는 것으로 보고 산정했다. 수집차량의 유류비는 한국석유공사 유가정보서비스의 고시단가를, 연료 1리터당 주행거리는 1톤 수집차량 4.5 km,

5톤 수집차량 2.5 km, 11톤 수송차량 1.2 km를 적용했다.⁷⁾ 적환장 건설비용은 노상에 적환플랫폼만 설치하는 경우 10억 원(영등포구 사례이며, 구청과 대행업체가 함께 사용), 지상에 건물을 설치하고 실내에서 적환작업이 이루어지는 형태 100억 원(서초구 사례이며, 구청과 대행업체가 함께 사용), 지하구조물로 적환장을 설치하고 지하에서 적환작업이 이루어지는 형태 250억 원(중랑구 사례이며, 구청과 대행업체가 함께 사용)을 책정했다.³⁾ 수거비용은 적환장이 있는 경우와 없는 경우로 구분하여 총운반거리를 5 km씩 증가시키면서 최대 100 km까지 분석하였다. 적환장이 있는 경우는 쓰레기 배출원에서 적환장까지의 거리도 5 km 씩 변화시키면서 수거비용을 계산했다. 수거비용은 최종적으로 수거한 생활폐기물 1톤당 비용(원/톤)으로 환산하여 수거방식의 변화에 따른 수거비용의 변화를 쉽게 파악할 수 있게 했다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 적환방법에 따른 장비 및 인력 수요의 변화

Table 2는 적환장을 운영하는 경우와 폐기물 배출원으로부터 적환장까지의 폐기물 운반거리에 따른 수집·수송장비의 수를, Table 3은 수거·운전인력의 수를 보여주고 있다.

적환장을 운영하지 않을 경우 총운반거리 20 km 일 때 9대이던 수집차량의 수가 총운반거리 100 km

Table 1. Waste collection rates using vehicles(ton/hr)

Items		Detached dwellings	Apartments	Business area
Discarded waste	At doors	Move to stations 1.217/man + Loading 3.870/2 men	-	Move to stations 3.164/2 men + Loading 3.870/2 men
	At stations	Loading 2.193/man	Loading 2.912/2 men	Loading 5.702/2 men
Food waste	At doors	Move to stations 1.808/2 men + Loading 3.553/2 men	-	Move to stations 6.051/2 men + Loading 3.553/2 men
	At stations	Loading 5.876/2 men	Loading 10.144/2 men	Loading 9.836/2 men
Recyclables	At doors	Move to stations 0.287/man + Loading 2.355/2 men	-	Move to stations 0.574/2 men + Loading 2.355/2 men
	At stations	Loading 0.934/2 men	Move to stations 1.266/2 men + Loading 2.355/2 men	Loading 1.320/2 men

Table 2. Vehicle requirement depending on Waste Transfer Station(WTS) distances from Waste Source(WS)

Items		Total haul distances(one way)			
		20km	30km	50km	100km
Without WTS	Vehicles in 1 or 5 ton	9	11	13	18
	Vehicles in 11 ton	-	-	-	-
	Sum	9	11	13	18
WTS within 5km WS	Vehicles in 1 or 5 ton	6	6	6	6
	Vehicles in 11 ton	2	3	4	6
	Sum	8	9	10	12
WTS within 10km WS	Vehicles in 1 or 5 ton	7	7	7	7
	Vehicles in 11 ton	2	2	3	5
	Sum	9	9	10	12
WTS within 15km WS	Vehicles in 1 or 5 ton	8	8	8	8
	Vehicles in 11 ton	1	2	3	5
	Sum	9	10	11	13

Table 3. Crew requirement depending on WTS distances from WS

Items		Total haul distances(one way)			
		20km	30km	50km	100km
Without WTS	Waste pickers	22	27	30	40
	Vehicles drivers	8	10	12	17
	Sum	30	37	42	57
WTS within 5km WS	Waste pickers	16	16	16	16
	Vehicles drivers	6	7	8	10
	Sum	22	23	24	26
WTS within 10km WS	Waste pickers	18	18	18	18
	Vehicles drivers	7	8	8	10
	Sum	25	26	26	28
WTS within 15km WS	Waste pickers	20	20	20	20
	Vehicles drivers	7	8	9	11
	Sum	27	28	29	31

에서는 18대로 2배 증가했다. 반면에 폐기물 배출원 으로부터 5 km 이내에 적환장을 설치·운영하게 되면 총운반거리 20 km에서 8대이던 수집·수송장비의 수가 100 km에서 12대로 1.5배 증가했다. 적환장을 운영하는 경우와 운영하지 않을 경우의 수집·수송장비의 수의 차이는 적환장을 운영하는 경우 11톤 대형수송차량이 1톤 또는 5톤 수집차량을 대체함으로써 나타나는 현상임을 계산결과의 변화에서 확인할 수 있다. 그러나 적환장 운영의 효과는 적환

장이 폐기물 배출원에서 멀어지면 감소하는 것으로 나타났다. 즉 총운반거리 100 km일 때 폐기물 배출원에서 5 km 이내에 적환장이 위치할 때 필요한 12대의 수집·수송장비의 수는 15 km 이내로 적환장이 멀어지는 경우 13대로 증가했다.

적환장 운영형태의 변화는 환경미화원과 운전원의 수요변화에도 유사한 영향을 주었다. 적환장을 운영하지 않는 경우 총운반거리 100 km일 때 필요한 인력은 57명이었다. 그러나 폐기물 배출원으로부터

터 5 km 이내 적환장을 가동하면 동일한 총운반거리에서도 인력의 수가 26명, 46 % 수준으로 줄었다. 가장 큰 인력의 변화는 수집차량과 함께 움직이는 상차인력의 감소에서 나타났다. 즉 적환장을 운영하지 않을 경우 40명이던 관련인력이 배출원으로부터 5 km 이내에 적환장을 운영하는 경우 16명으로 대폭 감소했는데 차량 12대가 감소하면서 차량에 동반하던 상차인력도 함께 감소하였다. 적환장이 폐기물 배출원으로부터 5 km 이내에 있을 경우 26명이던 인력이 폐기물 배출원으로부터 15 km 이내에 있을 경우 31명으로 늘어나듯 적환장이 멀어지면 적환장의 인력감축효과는 줄어들었다.

3.2. 적환방법에 따른 수거비용의 변화

Fig. 3은 노상에 적환플랫폼만 설치하여 운영하는 형태의 적환시스템에 대한 수거비용의 변화를 보여주고 있다. 적환장을 운영하지 않을 때는 총운반거리가 늘어날수록 생활폐기물 1톤당 수거비용이 가파르게 상승했다. 그러나 적환장을 운영하면서 수거비용의 증가는 급격히 둔화되었고 폐기물 배출원로부터 적환장이 5 km 이내에 설치되면 총운반거리가 15 km 이상일 경우 적환장을 운영하는 것이 수거비용측면에서 유리한 것으로 분석되었다. Fig. 4는 지상에 건물을 설치하고 적환작업이 건물 내에서 이루어지는 적환형태일 때 수거비용의 변화를 보여주고 있다. 적환장 건설비용의 증가로 총운반거리가 20 km 이상일 때 적환장을 운영하는 것이 운영하지 않을 경우보다 비용측면에서 유리하다는 것을 변화경향을 통해 확인 가능하다. Fig. 5는 적환장을 지하에 건설하고 적환작업이 지하에서 이루어지는 적환형태일 때 수거비용의 변화경향이다. 적환장의 건설에 250억 원이 소요되기 때문에 이 비용이 수거비용에 반영되어 적환장을 운영하는 것이 운영하지 않을 경우보다 유리한 총운반거리는 35 km 이상에서 형성되었다. 결국 서울에서 적환장을 운영하기에 유리한 총운반거리는 15~35 km, 최소 총운반거리는 15 km임을 본 연구결과는 보여주는 셈이다. 또한 자치구 관내에 있는 처리시설까지의 총운반거리는 4~6km, 4개 소각시설까지의 총운반거리는 4~20 km, 경기도 소재 음식물류폐기물 처리시설까지의 총운

반거리는 30~100 km, 수도권매립지까지의 총운반거리는 30~60 km이다. 이러한 서울의 상황은 왜 각 자치구가 생활폐기물 적환장을 다수로 운영하는지 간접적으로 설명을 해준다고 보아야 한다.

일본의 적환장 운영을 권장하는 총운반거리는 17 km 이상이다. 본 연구에서 분석된 서울의 15 km 이상과 근사한 수치이다. 일본과 우리나라는 도로망이 유사하고 이에 따라 수집장비의 크기도 비슷한 데에 원인이 있는 것 같다. 반면에 북미나 유럽의 적환장 설치 권장 총운반거리는 25 km 이상으로 본

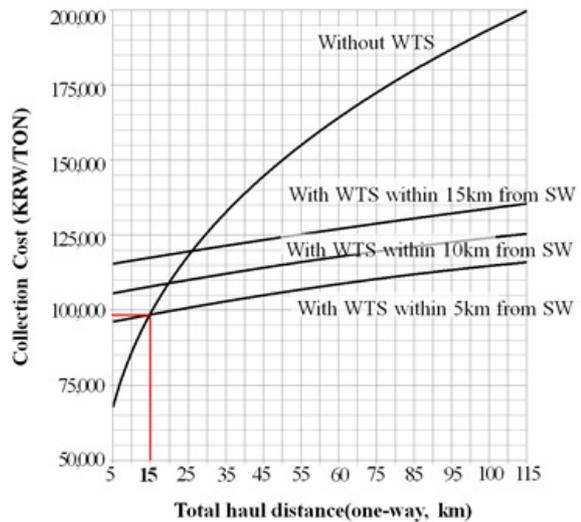


Fig. 3. Waste collection costs adapting WTS on the bare ground.

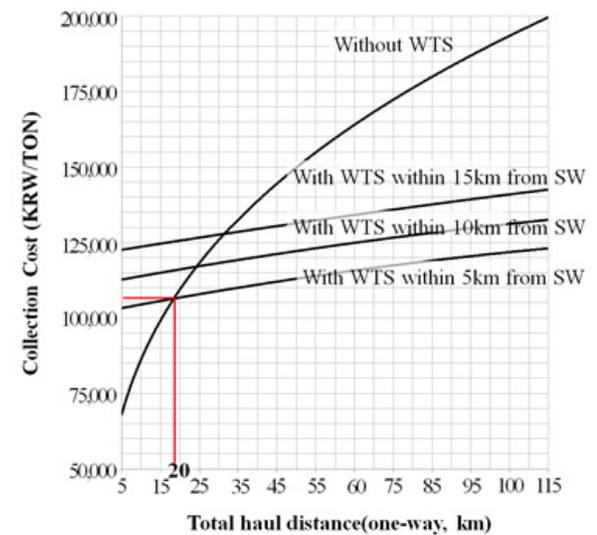


Fig. 4. Waste collection costs adapting WTS in the building.

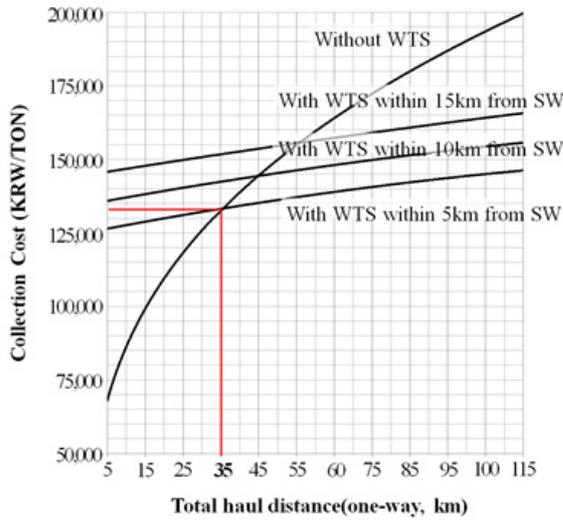


Fig. 5. Waste collection costs adapting underground WTS.

연구의 분석결과나 일본의 권장치 보다는 길다. 이 역시 장비의 차이로 설명이 가능한데 북미나 유럽 지역은 넓은 도로망과 대형 수집차량이 많이 활용되기 때문일 것이다. 시민들은 갈수록 폐기물처리시설의 근접이나 환경피해를 원하지 않는 경향이 있다. 적환장의 경우도 예외일 수 없으며 시민들의 거주지역과 근접하려면 그만큼 환경오염물질의 제어에 많은 비용을 지불해야 할 것이다. 결국 적환장의 건설비 증가로 이어질 것이며, 이 경우 도시에서 경제적인 적환장의 운영거리는 점점 길어질 것으로 예상된다.

4. 결론

본 연구는 비용적인 측면에서 적환장이 생활폐기물 수거시스템에 미치는 영향을 분석하였다. 이를 위해 적환장의 운영여부, 폐기물 배출원에서 적환장까지의 거리, 적환장의 건물형태 등의 조건을 변화시키면서 생활폐기물 1톤의 수거비용을 분석하였다.

총운반거리가 증가할수록 생활폐기물 1톤당 수거비용도 급격하게 증가했으나 적환장의 운영으로 생활폐기물 수거비용을 크게 감축할 수 있음을 보여주었다. 특히 적환장이 폐기물 배출원에 근접할수록

수거비용의 감축효과는 크게 나타났다. 서울에서 적환장을 운영하기에 비용효과적인 총운반거리는 노상 적환장의 경우 15km이상, 지하 적환장의 경우 35km이상으로 추정된다. 시민들은 갈수록 폐기물처리시설의 근접이나 환경피해를 원하지 않는 경향이 있다. 그만큼 환경오염물질의 제어에 많은 비용을 지불해야 할 것이다. 결국 적환장의 건설비 증가로 이어질 것이며, 이 경우 도시에서 적환장 운영으로 이득을 볼 수 있는 운반거리는 더 길어질 것으로 예상된다.

References

1. National Environmental Justice Advisory Council, A regulatory strategy for siting and operating wastetransfer stations, EPA 500-R-00-001. (2000).
2. United States EPA, Waste Transfer Stations : A Manual for Decision-Making, EPA530-R-02-002. (2002).
3. [서울특별시, 생활폐기물 적환장 개선방안] Seoul city government, Improvement Plan for Waste Transfer Station in Seoul. (2015).
4. [유기영, 서울시 생활폐기물 적환장 운영실태 분석 및 제언] Kee_young Yoo, "Review and Suggestion for Waste Transfer Stations in Seoul", J of the Korea Organic Resources Recycling Associaton, 24(4), pp. 21-29. (2016).
5. Januze Zemanek, Andrzej Wozniak, Mateusz Malinowski, The role and place of solid waste transfer station in the waste management system, Infrastructure and Ecology of Rural Areas. (2011).
6. Ministry of the Environment, Solid Waste Management and Recycling Technology of Japan : Toward a Sustainable Society. (2012).
7. [서울특별시, 서울시 생활폐기물 수집운반 대행체계 개선방안] Seoul city government, Improvement plan for contracting-out system of household waste collection. (2014).