

택지개발지구의 쓰레기자동집하시설 최적규모 연구

이준영*

The Most Suitable Plan of Automatic Domestic Solid Waste Collection System for Land Development Area

Joon Young Lee*

Key Words : Domestic solid waste collection system(쓰레기수거시스템), Land development area(택지개발), Suitable plan(최적계획), Cost(가격)

ABSTRACT

The objective of this study was to draw the most suitable plan of an automatic domestic solid waste collection system for land development area. The results of this study indicated that the most suitable plan is identified as a land development area larger than 3,600,000 m² located in the metropolitan area with an incinerator system (or MBT). There are the cases smaller than the standard area but this may cause additional allotment from the residents. According to a rating method to compute the size of the most suitable plan, installation of an automatic clean network has to be minimized if the rated score is below 2.0. On the other hand, the installation is required if the rated score is above 2.5. For a certain circumstance, a cautious decision has to be made for installation of the automatic domestic solid waste collection system by considering the influence of the initial cost, sale price, residential allotment, and maintenance cost on the land development.

1. 서론

쓰레기 자동집하시설은 쓰레기를 매설된 파이프와 송풍기를 이용하여 초속 30m/s이내의 공기와 함께 쓰레기를 집하장 컨테이너에 자동으로 수거하는 시스템으로 택지개발사업 시행시 지자체 등의 설치요구에 따라 택지개발사업지구 규모에 관계없이 설치하고 있다. 또한 쓰레기 자동집하시설관련 법률이 없으나 용인시, 광명시, 의왕시 등은 조례로 제정하여 자동집하시설을 설치하고 있다. 쓰레기 수수료 종량제 시행지침, 생활폐기물 자동집하시설 설치운영관련 지침의 음식물쓰레기 전용관로 별도설치 문제점을 검토하고, 생활폐기

물 자동집하시설 설치·운영·관리 지침(안)과 일본의 쓰레기운반용 파이프라인 시설정비계획 가이드라인 해설 등에서도 최적의 적정규모가 없어 경제적이고 합리적인 자동집하시설 설치를 위한 택지개발사업지구 최적규모의 계량화하는 방안을 면밀히 조사하여 도출할 것이다.

2. 조사방법

본 연구는 국내에서 가동 및 시공되고 있는 김포장기, 용인홍덕, 성남판교, 인천청라, 파주운정, 은평뉴타

* 한국토지공사 행정중심복합도시건설개발처

E-mail: jhun999@empal.com

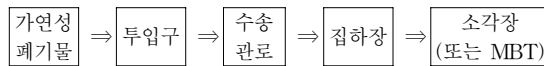


Fig. 1 자동집하시설의 쓰레기 수거흐름

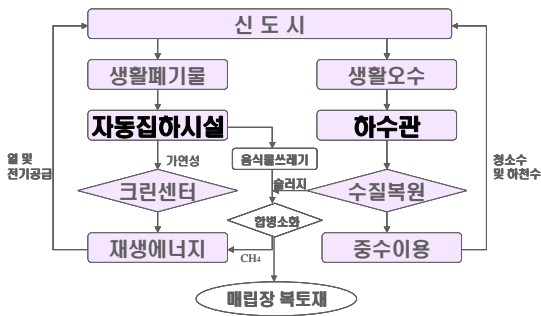


Fig. 2 환경자원 순환흐름

은 자동집하시설 기본계획서를 조사하였으며 자동집하시설은 쓰레기수송관로서 가연성폐기물을 투입구 및 수송관로를 통하여 집하장을 거쳐 소각장 또는 MBT(Mechanical Biological Treatment)를 거쳐 신재생에너지로 재활용하고 있으며 흐름은 Fig. 1과 같다.

신도시에서 환경자원의 순환을 위하여 생활폐기물의 연료화, 음식물쓰레기와 하수슬러지의 합병소화시켜 메탄을 발생시키고 수질복원센터의 처리수를 중수도로 활용하는 흐름은 Fig. 2와 같다.

3. 자동집하시설 규모 조사 및 고찰

3.1 집하장 수집면적 및 투입구 조사

3.1.1 집하장의 수집면적

쓰레기집하장은 발생한 쓰레기를 진공압으로 모으는 시설의 중심부이며 집하장 1개소의 수집능력은 평지에서 최대 2.8km의 경우 원면적 2,462만㎡, 2.5km의 경우 원면적 1,962.5만㎡로 이론상 가능하나 택지개발

Table 3-1. 집하장의 수집면적

자동집하시설 공사	소 계	[단위 : 만㎡]					비고
		집하 장1	집하 장2	집하 장3	집하 장4	집하 장5	
성남관교	929	201	342	185	201	-	
파주운정	840	240	200	200	200	-	
인천청라	1,777	443	379	301	316	224	
은평뉴타운	350	350	-	-	-	-	
인천송도2	252	252	-	-	-	-	
용인홍덕	215	215	-	-	-	-	
광명소하	135	135	-	-	-	-	
용인수지2	91	91	-	-	-	-	
김포장기	88	88	-	-	-	-	

Table 3-2. 투입구 1개소당 수거시간 조사 및 최적의 투입구 수 산출

[단위 : 개]

자동집하시설 공사	투입구수		운전시간		평균수거시간(초)		소계	
	가연성	음식물	가연성	음식물	가연성	음식물		
김포장기	112	91	2.80	1.20	90	47	137	
용인홍덕	223	202	4.96	2.23	80	40	120	
성남 관교	집하장1	179	153	3.40	1.70	68	40	108
	집하장2	189	148	3.40	1.70	65	41	106
	집하장3	276	120	4.50	1.70	59	51	110
	집하장4	263	133	4.60	1.80	63	49	112
인천 청라	집하장1	255	103	4.96	1.06	70	37	107
	집하장2	297	82	5.78	0.84	70	37	107
	집하장3	275	137	5.35	1.41	70	37	107
	집하장4	228	142	4.43	1.46	70	37	107
	집하장5	270	150	5.25	1.54	70	37	107
평균	233	132	4.4	1.5	70	41	111	

※ 1일 8시간 환산 : 365개×8hr÷5.9hr = 495개 (가연성 316개, 음식물 179개)

지구의 표고차, 부정형상, 필지의 장방형 및 정방형에 따른 도로굴곡, 하천횡단, 지하의 기반시설 우회횡단, 세대수, 투입구수, 가동시간, 관내저항 손실 등을 감안할 경우 Table.3-1과 같이 수집면적은 최대 443만㎡이며 투입구의 1일 적정 투입구수는 Table 3-2와 같이 가연성 316개, 음식물 179개인 총 495개 정도이다. 2008년7월 자동집하시설의 투입구를 이용하고 있는 용인수지2지구, 인천송도지구의 주민 20대이상 114인에게 방문조사한 결과 설문자 91%가 편리하고 만족한 것으로 나타났다.

3.1.2 택지개발지구 자동집하시설 현황조사

① 집하장 위치

집하장 위치는 Table. 3-3과 같이 근린공원, 녹지 등에 배치되도록 개발계획, 지구단위계획 등에 명시되도록 조사되었다.

② 집하장 대지면적

집하장 대지면적은 Figs. 3, 4와 같이 평균 2,182㎡, 건폐율 21.1%, 용적율 44.53%로 조사되었으나 일부는 적은 면적으로 설치되었으며 건폐율과 용적율 조정시 1,800㎡로 가능하며 지구단위계획에 반드시 건폐

Table 3-3. 택지개발사업지구내 집하장 설치위치

자동집하시설공사	설 치 위 치	비 고
성남관교	근린공원, 녹지	
파주운정	근린공원, 역사공원 녹지	
인천청라	근린공원, 유보지	
용인홍덕	근린공원	

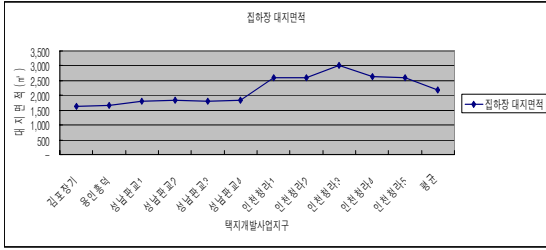


Fig. 3 집하장 대지면적

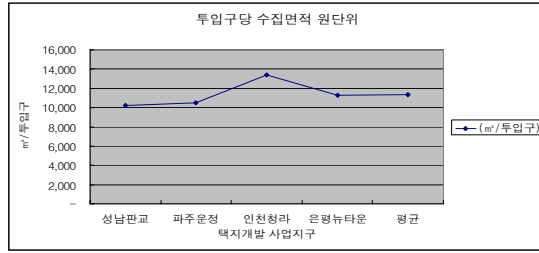


Fig. 5 가연성투입구당 수집면적 원단위 산출

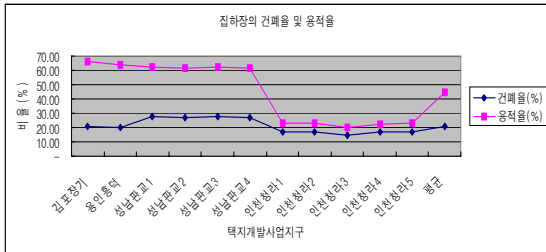


Fig. 4 집하장 건폐율 및 용적율

을 40%이상, 용적율 100%이상이 필요하다. 집하장당 가용면적을 382㎡를 추가 확보할 수 있었다.

③ 자동집하시설의 지구단위계획 지정현황

집하장은 폐기물처리시설로서 학교보건법 제6조에 의거 학교와 200m이상 이격이 필요하며 국토의계획및 이용에관한법률시행령 제71조에 의거 용도지역안의 건축제한이 없도록 Table. 3-4와 같이 지구단위계획에 폐기물처리시설 등으로 반드시 지정이 필요하다.

Table 3-4. 집하장의 지구단위계획

구분	용인흥덕 자동집하시설	김포장기 자동집하시설	성남판교 자동집하시설	비고
지구단위 계획	폐기물처리 시설	폐기물처리 시설	쓰레기관로 수송시설	

3.1.3 가연성 투입구당 수집면적 원단위

쓰레기투입구는 거주지역 및 인구밀도와 밀접한 관계가 있으며 투입구의 저장높이는 1,500mm이며 구경은 500mm로 가정에서 배출되는 쓰레기 규격봉투 10ℓ의 경우 16개 저장되고 규격봉투 20ℓ의 경우 6개 저장되나 실제 저장 충진율은 60%인 10ℓ의 경우 10개 저장, 20ℓ의 경우 4개 저장되고 단독주택, 공동주택, 상업업무, 공공시설 등 용도지역의 쓰레기 발생량에 따라 투입구수 결정된다. 용량이 적은 쓰레기봉투가 경제적이다. 가연성 투입구당 수집면적은 Fig. 5와 같이 11,400㎡/투입구수로 원단위가 산출되었다.

3.1.4 관거길이당 수집면적 원단위

쓰레기수송관로 관경은 최대 600mm이며 최대 수송거리는 2.8km까지 가능하고 관로구경 500mm를 일반적으로 가장 많이 적용하고 있다. 관거길이는 민간 부분까지 포함되어 있으며 관로길이당 평균수집면적은 Fig. 6과 같이 91,000㎡/km로 원단위가 산출되었다.

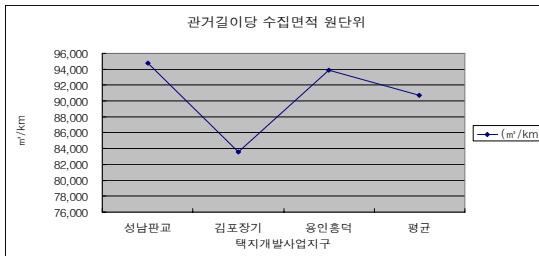


Fig. 6 관거길이당 수집면적 원단위 산출

3.1.5 집하장당 최적의 수집면적 도출

최적의 쓰레기 수집면적은 투입구수, 가동횟수, 집하장 가동시간, 단위면적을 고려하여 산정하였다 가연성 투입구와 음식물투입구의 위치가 중복되므로 가연성 투입구수를 기준으로 평균수집면적은 Table. 3-5와 같이 360만㎡ 산출되었다. 소각장과 연계하여 수집한 쓰레기를 소각장 벙커에 자동적으로 투입할 경우 운영시간이 자유로이 변경 가능하고 관경을 600mm로 확대할 경우 평균수집면적이 증가될 것이다.

Table. 3-5 최적의 수집면적 산출

투입구수	가동횟수	가동시간	단위면적	수집면적
가연성 316개	가연성 2회/일	8hr/일	11.4천㎡/개	3,602천㎡
음식물 179개	음식물 1회/일			

※ 가연성 316개×11.4천㎡/개 = 3,602천㎡

3.2 자동집하시설 유지관리 경제성 검토

3.2.1 면적당 추정공사비

성남판교, 인천청라 자동집하시설은 공동주택을 제외하였으며 택지개발사업 면적이 클수록 면적당단위공사비가 적으며 면적당 추정공사비는 Fig. 7과 같이 평균 13,030 원/m²이다. 공동주택, 블록형단독주거지, 블록형 상업용지는 대지경계 1m안까지 공사를 추진하는 것을 감안할 때 추정공사비는 m²당 10,000원 이내가 적정할 것으로 추정하였다. 실제로 예산을 편성할 때 m²당 10,000원을 적용하고 있다.

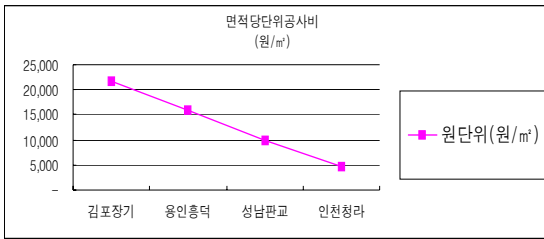


Fig. 7 면적당 단위공사비

3.2.2 자동집하시설 유지관리 경제성

택지개발사업지구를 살펴보면 인구 72천명으로 인구밀도는 142 인/ha이며 집하장 1개소의 유지관리비용을 연간 261백만원(성남판교 기준) 정도로 가정할 때 단지면적 360만 m²이상 개발시 자동집하시설은 초기투

Table. 3-6 세대당 월간부담액 산출

수집면적	360(만m ²)	비고
유지관리비(백만원/년)	261	
세대수	17,040	
부담액(원/세대/월)	15,317	
월간부담액(원/세대)	1,276	

* 봉투가격 1,360원/월=가연성 900원/세대(20ℓ : 450원×2장/월)+음식물 460원/세대(10ℓ : 230원×2장/월)

자비 m²당 10,000원으로 많은 비용이 소요되나 수도권 지역에서 자동집하시설을 도입하였을 경우 순수한 유지관리비용을 비교하면 Table. 3-6과 같이 입주민층면에서 세대당 월간 1,276원으로 가정에서 사용되는 쓰레기봉투 월간 1,360원보다 84원정도 이익이 발생하는 것으로 나타났다 지역적으로 봉투가격이 차이가 있어 봉투가격을 인상시켰을 때 경제성이 상승된다. 자동집하시설은 소각(또는 MBT)시설과 연계시 시너지효과가 클 것으로 예상될 것으로 예상되며 종량제 봉투가격은 쓰레기발생원인자 부담원칙에 따라 지속적으로 인상될 것이다.

3.2.3 음식물 전용관로 이중설치의 경제성

택지개발사업지구 면적 687만 m²에서 음식물 전용관로를 별도로 설치할 경우 Table. 3-7과 같이 공사비는 43%증가되고 유지관리비 39%가 증가되어 세대당 월간 유지관리비용이 1,774원으로 증가되고 쓰레기 봉투 사용비용 보다 414원이 추가되어 자동집하시설의 경제성이 없어진다.

Table. 3-7 음식물전용 이중관로와 단일관로 비교

구분	1안 (이중관로)	2안 (단일관로)
계통도 (예시)		
수거 방법	음식물폐기물 : 압력식	음식물폐기물 : 진공식
공사비	1,171억원 143%	818억원 100%
유지관리비	1,228 백만원/년 139%	885 백만원/년 100%
경제성 (30년)	1,539억원 (1,171억 + 368억 [1,228백만원×30년])	1,083억원 (818억 + 265억 [885백만원×30년])

구 분	1안 (이중관로)	2안 (단일관로)
장 점	- 음식물과 일반폐기물이 혼합되지 않아 분리 수거가 좋다. - 수거시간 단축	- 단일관로로 음식물과 일반폐기물을 분리 이송 가능하다 - 유지관리비 최소화
단 점	- 배관내 부착된 음식물 쓰레기로 인하여 음식물 전용관로는 부식에 강한재질(STS)이 필요하며 이로인한 공사비 증가, 관련결 용접불량 및 누기 등 하자발생 예상지점이 많다 - 도로변에 음식물중계소를 119~179개 설치가 필요하며 도시미관 불량 및 보행동선 방해로 입주민들의 민원이 우려된다 ※ 35.8km ÷ (200~300)m/개 = 119~179개 - 집하장2개소의 음식물중계소로 인해 지자체는 향후 30년간 유지관리비 103억원 추가부담이 예상되며 신도시 집하장은 총 12개소로 유지관리비 최소 618억원이 추가 소요된다 - 수송배관은 주로 보도에 설치되는데 보도에는 상수관, 우수관, 전기선로, 통신선로, 가스관, 냉난방관과 각각의 맨홀 설치로 보도공간이 협소하여 2중의 수송배관 설치가 어렵다	- 관로이송에 따른 음식물폐기물과 일반폐기물 일부혼입이 가능하다
적 용 사 례	- 롯데캐슬 등 단일아파트, 주상복합 - 고양식사지구(소규모 민간택지)	- 토지공사 : 용인수지2, 성남관교, 용인흥덕, 인천청라, 김포장기, 행복도시 - 인천경제자유구역청 : 인천송도2공구, 4공구 - SH공사 : 은평뉴타운 - 주택공사 : 파주운정, 김포마송, 광명소하, 김포양곡 등 - 대전도시개발공사 : 대전서남부

3.2.4 음식물 전용관로 이중설치의 문제점 및 대책

① 기술적인 측면

음식물수거율이 낮아 관내 누적 부착시 정상적인 운영 어려우며, 관내 누적 부착으로 관내 스케일이 발생되어 수거효율 저하되고 배관내 누적 음식물쓰레기 부패로 인하여 악취 및 침출수 발생된다. 현재의 기술로 대규모 단지의 음식물 전용관로로 수거 할 수 있는 안정적인 기술이 없어 보다 연구되어야 할 것이다.

② 경제적인 측면

행복도시 분양가 상승 및 입주민들의 부담 가중되고 음식물 분리관거 설치에 따른 공사비 및 유지관리비가 증가된다.

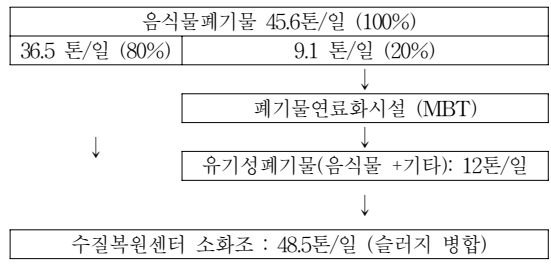


Fig. 8 폐기물연료화시설(MBT)의 음식물폐기물 선별회수 흐름

③ 정책적인 측면

환경부의 일관된 음식물 자원화 정책을 위하여 이물질이 섞인 음식물은 Fig. 8과 같이 바이오 자원화(MBT)시설 설치가 필요하다.

④ 대책

신도시의 경우 음식물폐기물을 하수관으로 이송 할 수 있는 디스포저(Disposer)도입하거나 음식물에 재활용에 대한 효율이 문제가 된다면 음식물 별도 관로설치 보다는 이물질 혼입에 대한 기준설정 또는 선별장치등 기계적인 처리방식(MBT+RDF)으로 처리가 가능함으로 별도의 관로설치로 2중투자를 방지할 수 있다.

4. 자동집하시설 설치를 위한 사업지구 최적규모 도출

4.1 시설설치 최적규모

쓰레기 자동집하시설 설치를 위한 사업지구 규모를 조사연구한 결과 수도권 및 광역시에 위치하고 개발면적 360만㎡이상에 폐기물처리시설이 설치되는 택지개발지구가 최적규모로 판단되었으며 기준면적보다 적은

Table. 4-1 최적규모 산정표

등급	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
수도권 (광역시)	○	○	×	×	○	○	×	×	○	○	×	×	×	×
단지내 소각장	◎	◎	◎	◎	×	×	◎	◎	×	×	×	×	×	×
정방형 면적	△	△	△	△	△	△	×	×	×	×	△	△	×	×
360만㎡ 이상	△	×	△	×	△	×	△	×	△	×	△	×	△	×
점수	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0

※범례 [수도권:○ 비수도권:×, 소각장(유):◎, 소각장(무):×, 정방형:△, 비정방형:×, 360만㎡이상:△, 360만㎡미만:×], 점수 [◎:2점, ○:1점, △:0.5점, ×:0점]

- 2.5점 이상 : 자동집하시설 설치
- 2.0점 이하 : 자동집하시설 미설치

Table. 4-2 신도시 규모

신도시	GJ	KO	KB	DG	OS	JJ
면적	729만㎡	360만㎡	380만㎡	422만㎡	288만㎡	926만㎡

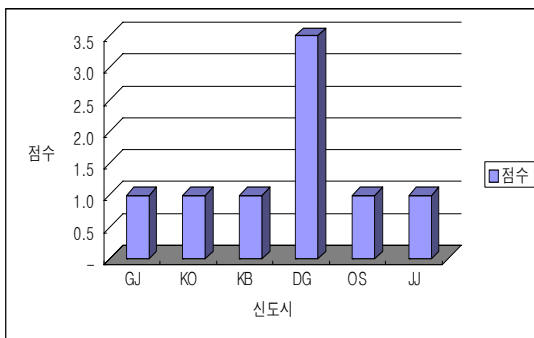


Fig. 9 신도시의 자동집하시설 설치점수 결과

경우에도 기설치한 사례가 있으나 주민부담이 증가될 수 있다. 자동집하시설 설치를 요구할 때는 시설설치 최적규모 산정표에서 보는 바와 같이 점수가 2.5미만일 경우 자동집하시설 설치를 최소화하고 또한 점수가 2.5이상일 경우 자동집하시설 설치는 단지개발 사업성에 미치는 영향을 감안하여 신중한 도입이 필요하며 Table. 4-1과 같이 등급별로 A부터 N까지 필요한 상황에 따라 적용할 수 있도록 하였다. 신도시 규모가 Table. 4-2와 같으며 신도시의 자동집하시설 설치점수

결과 Fig.9와 같이 DG시가 3.5점으로 설치가 적합하나 나머지 5개시는 부적합한 것으로 나타났다.

4.2 자동집하시설의 설치조건

- 수 집 면 적 : 택지 360만㎡이상(원형지 공원면적, 국가 및 지방 하천면적 제외)
- 수 송 관 경 : 500mm이상
- 집하장 대지면적 : 1,800㎡이상(건폐율 40%이상)
- 학교이격거리 : 200m
- 지구단위계획 : 폐기물처리시설
- 토지공사 사업비 : 10,000원/㎡
- 공동주택 등 분양자 사업비 : 11,000원/㎡ 추가 소요

5. 결론

본 연구를 통하여 쓰레기 자동집하시설의 시설설치를 위한 택지개발사업지구 규모를 검토한 결과 수도권 및 광역시에 위치하고 개발면적 360만㎡이상에 소각장(또는 MBT)이 설치되는 사업지구가 최적규모로 판단되었으며 기준면적보다 적은 경우에도 기설치한 사례가 있으나 주민부담이 증가될 수 있으므로 택지개발사업지구의 쓰레기자동집하시설의 최적규모를 다음과 같이 도출하였다.

- (1) 택지개발사업지구의 자동집하시설은 집하장당 최적의 투입구 495개, 투입구당 수집면적 원단위 11,400㎡, 관거길이당 수집면적 원단위는 91,000㎡를 산출하였다.
- (2) 자동집하시설은 이용주민 만족도가 91%로 우수하고 최적의 집하장당 면적은 1,800㎡로 가용면적 382㎡를 확보 가능하였으며 투입구의 규격도 20%이상 확대시켜 설계시 적용할 수 있었다
- (3) 최적규모 산정하는 방법을 계량화하여 점수가 2.0미만일 경우 자동크린넷 설치를 최소화하고, 점수가 2.5이상일 때 설치가 필요하며 경우에 따라 자동집하시설 설치시 조성원가, 분양가, 주민부담, 유지관리비, 단지개발 사업성에 미치는 영향을 감안하여 신중한 도입이 필요하다. 계획중인 신도시에 적용한 결과 DG시가 3.5점으로 설치가 적합하나 나머지 5개시는 부적합한 것으로 나타났다

- (4) 택지개발사업지구 면적 360만 m²경우 자동집하 시설 시설공사비를 제외한 유지관리비용이 세대당 월간 1,276원으로 각 가정에서 사용되는 쓰레기 봉투비용보다 월간 1,360 원보다 84 원정도 이익이 발생하는 것으로 나타났다.
- (5) 음식물 전용관로를 별도로 설치할 경우 세대당 월간 유지관리비용이 1,774 원으로 증가되어 쓰레기 봉투사용비용 보다 414 원이 추가되어 자동집하시설의 경제성이 없어진다. 음식물전용 수송관로는 소규모 단지에서 가능할 수 있으나 현재의 기술로서는 안정적인 공법이 없다.
- 1) 자동집하시설의 면적 687만 m²에서 음식물폐기물 수송을 위한 중계소가 119~179개를 도로변에 설치하여야 하는데 도로상에 중계소 부지의 별도 확보가 어려우며 또한 중계소 설치시 미관불량 및 보행교통 흐름방해 등으로 입주민들의 집단민원발생이 우려된다.
- 2) 음식물 전용관로수거를 위하여 음식물중계소 설치시 장래 유지관리비로 입주민 및 지자체에서 618억 원의 추가 부담될 것으로 예상되고 또한 분양가 및 조성원가 추가상승(1,557억 원)으로 입주에 차질이 우려되며 단일 수송관로도도 충분하며 입주민 편리성 및 차별화에 따른 주거가치 상승효과를 높일 수 있다.

참고문헌

- (1) 한국토지공사, “김포장기 자동크린넷 기본계획보고서,” pp. 20~100, 2005.
- (2) 한국토지공사, “용인홍덕 자동크린넷 기본계획보고서,” pp. 20~100, 2005.
- (3) SH공사, “은평뉴타운 쓰레기자동집하시설 기본계획보고서,” pp. 50~80, 2005.
- (4) 한국토지공사, “성남판교 자동크린넷 기본계획보고서,” pp. 30~200, 2006.
- (5) 대한주택공사, “파주운정 쓰레기자동집하시설 기본계획보고서,” pp. 30~80, 2006.
- (6) 한국토지공사, “인천청라 자동크린넷 기본계획보고서,” pp. 30~200, 2007.
- (7) 이준영, 조순행, 일반폐기물 수송관로 국내 표준안 수립을 위한 기초인자, “생활폐기물 자동집하용 공기관로 이송기술에 관한 워크샵 및 공개시연,” pp. 6~15, 2007.
- (8) 배재근, 생활폐기물 선진수집운반체계의 문제점 및 개선방안, “생활폐기물 자동집하용 공기관로 이송기술에 관한 워크샵 및 공개시연,” pp. 25~27, 2007.
- (9) 이준영, 자원순환형 환경도시 건설, “생활폐기물 정책과 이송기술에 관한 워크샵 및 공개시연,” pp. 3, 2008.