인천광역시 음식물쓰레기의 배출량 추정 및 재활용 방안

1999. 6.

연구책임자 : 윤하연(책임연구원)

인천발전연구원

서 문

생활폐기물에서 음식물류가 차지하는 비율은 생활수준의 향상과 외식문화의 발달로 인하여 95년까지는 점차 증가하는 추세였으나 그 이후로는 종량제실시와 음식물쓰레기 감량화 노력의 결실로 감소추세에 있다. 그러나 아직도 생활폐기물 중에서 음식물쓰레기가 차지하는 비율은 어느 쓰레기 종류보다도 가장 높다.

음식물쓰레기는 그 특성상 쉽게 부패하고 부패과정에서 악취와 침출수가 발생되기 때문에 수거·운반 및 매립처리에 많은 어려움을 야기시킨다. 소각처리의 경우에도 수분함량이 높은 음식물쓰레기는 소각효율을 떨어뜨릴 뿐 아니라 불안전 연소로 인하여 대기오염 물질의 발생 가능성을 높인다. 이처럼 소각 또는 매립처리 할 때 많은 문제를 일으키는 음식물쓰레기도 퇴비 또는 사료로의 재활용이 성공하게 되면 오히려 자원으로서 높은 가치를 가지게 된다.

따라서 음식물쓰레기의 재활용은 자원의 재순환이라는 친환경적인 측면뿐 아니라 음식물쓰레기를 제외한 다른 생활폐기물의 처리효율을 높일 수 있다는 이점을 가지고 있어 음식물쓰레기의 재활용 필요성이 증대하고 있다.

이 연구에서는 우선 음식물쓰레기의 원활한 재활용 방안의 수립을 위하여 그 첫 절차로 2011년까지 인천시의 음식물쓰레기 배출량을 추정하였다. 또한 음식물쓰레기 재활용 방안의 수립을 위한 원칙을 설정하고 이에 따른 수거·운반 체계의 구축 방안, 재활용 시설의 적정 규모, 재활용 시설의 효율적인 설치 및 운영방안, 음식물쓰레기의 재활용을 위한 적정 수수료(안)을 제시하고 있다.

이 연구가 인천광역시에서 장래의 음식물쓰레기 재활용 계획을 수립하는데 보탬이 될 수 있길 바라며, 연구의 수행에 노력을 아끼지 않은 윤하연 책임연구원과 도움을 주신 인천시 관련 공무원 여러분에게 감사를 드린다.

인천발전연구원장 이 천 규

목 차

요 약 I

Ⅰ. 서론 1
1.1 연구의 필요성 및 목적 1
1.2 연구내용 및 방법 1

Ⅱ. 음식물쓰레기 현황 및 배출량 추정 방법 3
2.1 현황분석 3
2.1.1 배출현황 3
2.1.2 수거·운반 현황 9
2.1.3 처리현황 11
2.2. 배출량 추정 방법 13
2.2.1 배출량 추정방법 고찰 13
2.2.2 배출량 추정방법의 선정 16

Ⅲ. 음식물쓰레기 재활용 사례 분석 19
3.1 국내 사례분석 19
3.1.1 재활용 사례 19
3.1.2 재활용 방법별 비교 23
3.1.3 국내 사례의 시사점 30
3.2 외국 사례 분석 32
3.2.1 재활용 사례 32
3.2.2 재활용 경향 분석 및 시사점 35

Ⅳ. 음식물쓰레기 배출량 추정 및 재활용 방안 41
4.1 배출량 추정결과 41
4.1.1 배출원별 원단위 배출량 41

4.1.2 배출원수의 예측 42
4.1.3 발생량 추정 46
4.1.4 배출량 추정 48
4.2 인천광역시 음식물쓰레기 재활용 방안 54
4.2.1 재활용 방안 수립원칙 설정 54
4.2.2 수거·운반체계 구축 57
4.2.3 재활용 시설의 적정규모 61
4.2.4 재활용 시설의 효율적인 설치 및 운영 방안 68
4.2.5 음식물쓰레기 적정 수수료(안) 70

V. 결론 및 정책건의 77
5.1 배출량 추정 77
5.2 인천광역시 음식물쓰레기 재활용 방안 80
5.2.1 재활용 방안 수립 원칙 설정 80
5.2.2 수거·운반체계 구축 81
5.2.3 재활용 시설의 적정규모 83
5.2.4 재활용 시설의 효율적인 설치 및 운영 방안 85
5.2.5 음식물쓰레기 적정 수수료(안) 86

참 고 문 헌 87

표 차 례

<표 2-1> 인천광역시 인구 및 주택 현황 3
<표 2-2> 음식물쓰레기 감량의무사업장 적용 대상 4
<표 2-3> 인천광역시 감량대상 식품접객업소 현황 5
<표 2-4> 인천광역시 감량대상 식품유통업소 현황 6
<표 2-5> 음식물쓰레기 배출현황 8
<표 2-6> 음식물쓰레기 재활용 시범지역의 수거·운반 현황 10
<표 2-7> 인천광역시 음식물쓰레기 처리현황 12
<표 2-8> 1997년 인천광역시 음식물쓰레기 재활용 및 처리현황 13
<표 2-9> 배출량 추정 방법의 비교 17
<표 3-1> 배출자에 의한 재활용 사례 20
<표 3-2> 지방정부에 의한 퇴비화 사례 21
<표 3-3> 지방정부에 의한 사료화 사례 22
<표 3-4> 퇴비화 방법별 장·단점 비교 24
<표 3-5> 사료화 방법별 장·단점 비교 25
<표 3-6> 재활용방법별 처리비용 비교 27
<표 3-7> 부산물 비료의 품질 기준 28
<표 3-8> 양돈용 사료의 시판기준 30
<표 3-9> 외국의 퇴비화 사례 33
<표 3-10> 외국의 사료화 사례 35
<표 4-1> 조사대상 배출원 분류체계 41
<표 4-2> 배출원별 원단위 배출량 42
<표 4-3> 각 자치구의 인구수 예측 43
<표 4-4> 인천광역시의 산업구성 변화 44
<표 4-5> 각 자치구의 배출원별 배출원수 예측 45
<표 4-6> 각 자치구 음식물쓰레기의 배출원별 발생량 47
<표 4-7> 환경부와 인천광역시의 음식물쓰레기 감량 및 재활용 목표 49
<표 4-8> 음식물쓰레기 감량방법별 감량효과 50
<표 4-9> 음식물쓰레기 감량을 위한 배출원별 관리목표 51

<표 4-10> 각 자치구의 음식물쓰레기 배출원별 배출량 52
<표 4-11> 음식물쓰레기 재활용 목표(안) 55
<표 4-12> 단계별 분리배출지역 확대 계획 59
<표 4-13> 음식물쓰레기 배출원별 배출방법 및 처리비용 부과방법 61
<표 4-14> 1997년 인천광역시 퇴비소요량 62
<표 4-15> 인천광역시 시유림 지역의 예상 퇴비소요량 63
<표 4-16> 각 자치구별 재활용 시설의 필요규모 64
<표 4-17> 처리권역별 재활용 시설의 필요규모 66
<표 4-18> 인천광역시 생활폐기물 수거·운반 대행료 71
<표 4-19> 음식물쓰레기 수거·운반비용 및 산출근거 72
<표 4-20> 재활용 방법별 처리비용 73
<표 4-21> 재활용 방법별 적정 수수료(안) 74
<표 4-22> 1가구당 월 음식물쓰레기 적정 수수료(안) 75
<표 5-1> 음식물쓰레기 감량을 위한 배출원별 관리목표 78
<표 5-2> 각 자치구의 음식물쓰레기 배출원별 배출량 79
<표 5-3> 음식물쓰레기의 배출원별 배출방법 및 처리비용 부과방법 82
<표 5-4> 각 자치구별 재활용시설의 필요규모 84
<표 5-5> 처리권역별 재활용 시설의 필요규모 84
<표 5-6> 재활용 방법별 적정 수수료(안) 86

그 림 차 례

<그림 2-1> 생활폐기물중 음식물쓰레기의 비율 변화 7
<그림 2-2> 음식물쓰레기 1인1일 배출 추세 9
<그림 4-1> 2011년까지의 주거형태 변화 44
<그림 4-2> 음식물쓰레기 발생량과 배출량의 관계 48
<그림 4-3> 배출자 공동체를 통한 수거·운반 및 처리체계 60
<그림 4-4> 각 자치구별 재활용 시설의 필요규모 65
<그림 4-5> 처리권역별 재활용 시설의 필요규모 67

요 약

1. 연구의 필요성 및 목적

음식물쓰레기의 사료화 또는 퇴비화에 의한 재활용은 자원의 재순환이라는 긍정적 측면 이외에도 음식물쓰레기를 제외한 다른 생활폐기물의 처리효율을 높일 수 있다는 이점이 있다. 따라서 이 연구에서는 음식물쓰레기의 2011년까지의 배출량을 추정하고 이를 근거로 음식물쓰레기의 효율적인 재활용 방안을 제시하고자 한다.

2. 음식물쓰레기 현황 및 배출량 추정 방법

2.1 현황분석

○ 배출량

생활폐기물에서 음식물류가 차지하는 비율은 생활수준의 향상과 외식문화의 발달로 인하여 95년까지는 점차 증가하는 추세였으나 95년부터는 종량제 실시와 음식물쓰레기 감량화 노력으로 감소추세에 있다. 그러나 아직도 생활폐기물 중에서 음식물쓰레기가 차지하는 비율이 가장 높다.

○ 수거·운반 현황

현재 인천광역시는 음식물쓰레기의 재활용을 위한 시범지역의 수거·운반 현황은 <표 1>과 같고 인천시는 각 자치단체별로 시범운영 중인 음식물쓰레기의 수거·운반 지역을 점차 확대할 방침이다. 일부 자치단체는 음식물쓰레기 처리비용의 일부를 배출자가 부담하고록 하고 있으나 이에 대한 법적 근거는 미비하다. 따라서 음식물쓰레기의 체계적인 분리배출과 수거·운반 그리고 수수료 징수의 법적 근거 마련을 위한 각 자치구의 조례제정이 시급한 실정으로 각 자치구는 음식물쓰레기 수거·운반 및 재활용 촉진을 위한 조례와 시행규칙을 추진 중이다.

<표 1> 음식물쓰레기 재활용 시범지역의 수거·운반 현황

발 생 원	· 물기를 제거하여 가정용 수거용기 또는 비닐봉투를 이용하여 배출
중간수집	· 지정된 장소에 공동보관시설 또는 전용수거용기를 비치하여 공동수집
운 반	· 음식물쓰레기의 수거를 위한 별도의 수거·운반대행업체를 선정하지 않고 자치단체에서 음식물쓰레기 전용수거차량을 이용하여 직접 수거·운반하거나 민간처리업체가 자체 차량을 이용하여 운반
수 수 료	· 음식물쓰레기의 수거·운반 및 처리에 소요되는 비용의 일정부분은 배출자가 부담(대략 1000원/세대)

○ 처리현황

과거 음식물쓰레기는 전량이 매립처리 되었으나 음식물쓰레기의 감량과 재활용 필요성으로 발생원 처리시설의 보급과 음식물쓰레기 다량배출원에 대한 감량의무사업장의 지정을 확대하였다. 그 결과, 음식물쓰레기의 재활용율은 95년 1.1%, 96년 4.8%, 97년 5.5%로 점차 증가한 반면, 매립은 95년 98.9%, 96년 94.9%, 97년 94.2%로 감소하고 있다.

2.2. 배출량 추정 방법

폐기물 배출량을 해석하는 방법에는 물질수지법, 다중회귀모델, 경향법, 실측에 의한 해석법이 있다. 폐기물 배출량 해석을 위한 각 방법을 비교하면 <표 2>와 같다. 본 연구에서는 현실적으로 도시지역의 폐기물 배출량 해석에 적용이 어려운 물질수지법과 다중회귀모델을 제외한 경향법과 실측에 의한 해석 방법 중에서 실측에 의한 해석법으로 음식물쓰레기의 배출량을 예측하고자 한다. 왜냐하면, 음식물쓰레기의 배출량 예측이 실효성을 높이기 위해서는 음식물쓰레기의 배출량에 영향을 미치는 사회적 요인의 변화가 배출량에 반영된 것을 전제로 한 경향법보다는 배출원별 발생량을 추정하고 각각의 배출원에 대한 관리목표를 설정하여 이에 따른 배출량을 예측하는

<표 2> 배출량 추정 방법의 비교

구분	장점	단점
물질수지법	· 산업폐기물의 배출량 해석에 적용 가능	· 대상지역의 Input과 Output에 대한 정확한 자료 필요. · 도시폐기물 해석방법으로 부적절.
다중회귀법	· 지역의 특성을 반영한 가장 정확한 예측 기법	· 현실적으로 폐기물 배출에 영향을 미치는 인자 파악의 어려움. · 영향인자와 폐기물 배출량과의 관계 추정의 어려움.
경향법	· 가장 널리 이용되는 해석 기법 · 자료수집과 배출량 해석 용이	· 급변하는 폐기물 관리정책 또는 지역특성의 변화를 반영하는데 한계 · 최소 5년의 일관성 있는 자료 필요
실측에 의한 해석법	· 실효성 있는 배출원별 관리계획 수립 가능	· 지속적이고 신뢰성 있는 배출원단위 배출량 조사 필요 · 배출원수의 예측을 위한 축적된 자료 필요

3. 음식물쓰레기 재활용 사례 분석

3.1 국내 사례분석

○ 배출자에 의한 재활용

배출원에서 음식물쓰레기를 감량 또는 재활용하는 경우 음식물쓰레기의 배출량 감소와 처리비용을 감소시킬 수 있다는 장점이 있는 반면, 안전한 퇴비 생산의 어려움과 이물질의 혼합으로 부산물의 질 저하가 우려된다. 또한 장기적으로는 생산된 퇴비에 대한 사용처의 확보가 요구된다. 주위 여건상 가축의 사육이 가능한 지역에서는 돼지, 닭, 오리 등을 직접 사육하여 음식물쓰레기를 사료로 이용하고 있으나 도시화 지역에 적용하는데는 어려움이 있다. 배출원처리시설을 설치·사용하는 경우에도 음식물쓰레기 처리비용 절약과 배출량을 감소시킬 수 있으나 시설운영경비 증가 및 유지비의 과다 지출과 시설의 빈번한 고장으로 어려움을 겪고 있다.

○ 지방정부에 의한 재활용

지방정부에 의해 음식물쓰레기를 재활용하는 경우 대부분 민간업자와의 역할분담을 통해 재활용 사업을 추진하고 있다. 자치단체는 음식물쓰레기의 수거·운반 또는 시설의 설치를 위한 부지를 제공하거나 시설의 건설과 운영에 소요되는 비용을 보조하고 민간업자는 음식물쓰레기 재활용 시설을 건설하여 운영하는 형태의 역할분담이 가장 일반적인 형태이다. 이때에 음식물쓰레기 배출자도 수거·운반에 소요되는 일정부분의 비용을 부담하고 있다.

민간업자를 활용한 재활용시설이나 시나 자치단체에서 주도하는 대부분의 재활용 시설은 시설의 입지가 매립지, 그린벨트, 농경지, 하수처리장 등 인가에서 멀리 떨어진 장소에 위치하고 있으며 재활용 시설의 규모가 20톤 이내로 크지 않다. 또한 모든 시설이 이물질의 분리에 대처할 수 있는 선별장치를 장착하고 있어 부산물의 이물질 혼합이 큰 문제로 판단되며, 생산된 퇴비의 소비처 확보에 어려움을 겪고 있다. 음식물쓰레기를 사료로 이용할 경우는 음식물의 변질, 가축의 성장 저하 등이 문제점으로 대두되고 있다.

○ 재활용 방법별 비교

재활용 방법별로 입지 조건을 비교하면 호기성퇴비화 시설은 불완전 반응에 의한 악취의 발생이 우려되나 폐수는 소량 발생한다. 혐기성퇴비화 시설은 악취의 발생은 적으나 탈수시 다량의 폐수가 발생하고 사료화 시설은 사료화 과정에서 발생되는 수증기를 포집할 경우 다량의 폐수가 발생된다.

국내에서 적용되고 있는 음식물쓰레기 재활용시설의 처리비용을 산정한 결과, 호기성퇴비화 52,063원/톤, 혐기성퇴비화 66,890원/톤, 건식사료화 79,683원/톤, 습식사료화 25,993원/톤으로 조사되었다. 그러나 음식물쓰레기의 재활용에 소요되는 비용은 재활용 방법, 재활용 시설의 규모, 시설의 가동율 등에 따라서 달라질 수 있기 때문에 일률적인 비교에는 한계가 있다. 또한 규모의 경제에 의하여 시설 용량이 커질수록 톤당 소요비용은 낮아질 것으로 예상된다.

부산물의 안정성에 대해서는 아직 논란의 여지가 많다. 부산물의 문제점

을 요약하면 불완전한 퇴비의 생산, 영양의 불균형, 부산물의 염분 농도, 안정성을 평가할 수 있는 기준의 미비로 정리될 수 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위한 충분한 후숙과정과 영양의 불균형을 보완하기 위한 부재료와 염분 농도를 저하시킬 수 있는 공정의 개발 그리고 음식물쓰레기를 이용한 퇴비 또는 사료의 기준 제정이 시급하다.

3.2 외국 사례 분석

○ 생활쓰레기 처리방법 및 관련 정책의 변화

1980년 이후 폐기물의 효율적 처리를 위하여 나타난 새로운 조류는 폐기물관리의 정책적 우선 순위가 기존의 단순소각 및 매립위주에서 감량, 재사용, 물질재활용, 에너지 회수 등으로 옮겨가는 것이다. 즉, 기존처리방식에 따른 환경부하를 감소시키는 수단으로서 유기성폐기물을 재활용하는 것이다.

퇴비화 대상 물질에 있어서도 변화가 일어났다. 1980년대까지 북미, 유럽 지역의 퇴비화는 주로 잔디, 초목 등의 정원폐기물이었으나 1980년대 이후에는 음식물쓰레기 등 유기성폐기물에 대해서도 퇴비화가 확대되고 있다. 이는 재활용 목표율의 상승과 이를 쉽게 달성하고자 하는 의도로 생활폐기물의 재활용율을 35%이상으로 끌어올리기 위해서는 유기성폐기물의 재활용이 필수적이라는 평가가 이전부터 제기되었기 때문이다. 결국, 음식물쓰레기의 재활용이 퇴비화와 사료화를 추진할 때 야기될 수 있는 많은 어려움에도 불구하고 꾸준히 증가하는 추세에 있는 것은 기존처리방식에 의한 환경부하의 감소와 재활용율의 증가를 위한 노력의 결과이다. 이러한 음식물쓰레기의 재활용율 증가는 정부가 어떠한 자세를 취하느냐에 따라서 달라질 수 있다.

○ 지역특성을 고려한 재활용 방식과 규모의 선택

일본의 퇴비화 방식은 주로 집중식이지만 배출자에게 스스로 처리하도록 유도하기 위하여 수거봉투를 유료화하는 지역이 많다. 동경도의 도시폐기물 퇴비화 시설은 퇴비 수요처의 축소와 부재료 확보의 어려움으로 실패하였으나 농촌지역이나 농촌과 접한 소도시의 퇴비화 시설이 아직도 가동중인 것

은 처리시설의 입지용이성, 풍부한 퇴비수요처, 양질의 퇴비생산을 위한 첨가물의 용이한 확보 등 다양한 이점이 있기 때문이다. 캐나다, 미국, 독일 등도 집중식과 분산식을 병행하고 있다. 즉, 배출자가 원하거나 배출원의 특성상 자가퇴비화가 용이한 경우는 스스로 퇴비화 하도록 유도하고, 관련사항들을 지원하고 도시지역의 경우는 수거하여 처리하는 집중식 처리방법을 채택하고 있다.

○ 수거방식 및 재활용 방법의 변화

퇴비의 원료가 되는 음식물쓰레기를 포함한 유기성폐기물의 수거방식은 퇴비의 질을 결정하는 중요한 요인이다. 유럽지역에서 퇴비화가 성공하고 있는 이유도 유기성폐기물의 수거방식을 기존의 혼합수거에서 분리수거로 전환하고 이물질의 혼합을 최대한 억제하고 있기 때문이다.

또한 1980년대 들어 유럽지역에서 나타나고 있는 유기성폐기물의 새로운 처리방법은 혐기성퇴비화에 의한 유용한 가스의 생산이다. 중국의 농촌지역에서는 이미 1970년대부터 혐기성 소화방식이 유기성폐기물의 현장처리방법으로 도입되고 있으며, 500만 이상의 가구에 보급되고 있다는 점은 소규모 도시나 농촌지역에서 주시해야할 사례이다. 지렁이를 이용한 퇴비화방식은 가정에서 적용하기에는 어렵다고 판단하는 듯하고 대규모의 시설에 적용하는 것은 외국에서는 극히 제한적이다. 재활용 방법에 있어서 호기성 퇴비화 또는 더미식 퇴비화 방식에서 배출원 처리의 용이성, 유용한 가스의 획득을 고려하여 혐기성 퇴비화에 대한 연구와 시설의 시범운영이 추진되는 만큼 우리나라도 유기성폐기물의 재활용을 위한 방법을 다변화할 필요가 있다.

○ 부산물의 안정성과 수요처 확보 추세

기술이 발달하고 경험이 많은 세계의 어느 국가에서도 우리나라와 같은 짧은 시간에 퇴비화가 완료된다는 주장은 없을 뿐 아니라 유기성폐기물의 퇴비화가 완료되기 위해서는 대부분 3~6개월 동안의 숙성과정을 거치고 있다. 짧은 반응시간을 거친 퇴비제품은 반드시 장기간의 후숙과정을 거쳐야

안전한 퇴비로 이용될 수 있다.

음식물쓰레기의 재활용을 통해 생산된 부산물의 용도는 매우 다양하여 퇴비는 주로 채소밭, 과수원, 가정 및 학교의 정원 등에 살포하거나 도로변의 녹지에 다량의 퇴비를 살포하고 있다. 유럽지역 및 중국에서는 혐기성분해에 의하여 생산된 가스를 가정의 난방 및 연료로 이용하고 있으며, 부산물은 농업용 퇴비로 활용하고 있다. 비록 후발주자이지만 영국에서는 퇴비화를 촉진하기 위한 계획으로 향후 10년 이내에 유기질비료의 원료인 토단사용량의 40%를 유기성폐기물의 퇴비화 제품으로 충당한다는 계획은 가지고 있다.

4. 음식물쓰레기 배출량 추정 및 재활용 방안

4.1 배출량 추정

○ 감량목표의 설정

감량 방법별 감량 효과를 고려하여 단독주택, 아파트, 연립·기타의 가정 배출원에서 식생활 문화의 개선을 통하여 2000년 10%, 2006년 15%, 2011년 20%의 음식물쓰레기 배출량을 감량한다. 발생원처리시설에 의한 감량은 발생원처리시설의 설치가 가능한 아파트 지역만을 대상으로 2001년까지 전체 아파트 지역의 15%, 2006년 25%, 2011년 35%에 발생원처리시설을 설치하는 관리목표를 설정한다. 음식점의 음식물쓰레기 감량을 위한 방법으로는 주문식단제을 고려하여 2001년 20%, 2006년 30%, 2011년 40%의 음식점에 주문식단제를 정착하는 관리 목표를 설정한다.

○ 배출량 추정

음식물쓰레기의 총발생량에서 배출원별 감량목표를 고려하여 2011년까지의 음식물쓰레기 배출량을 추정한 결과, 2000년 726.9톤/일, 2006년 749.1톤/일, 2011년 752.0톤/일로 예측되었다.

<표 3> 각 자치구의 음식물쓰레기 배출원별 배출량

(단위 : 톤/일)

구분		배출량	단독주택	아파트	연립·기타	공장	시장·상가	사무실	서비스업	음식점업
인천시	2001	726.9	112.7	187.9	87.1	51.8	86.1	27.1	19.5	154.7
	2006	749.1	113.5	172.0	87.7	49.8	99.3	31.4	22.6	172.8
	2011	752.0	110.8	151.1	85.6	49.8	109.6	34.8	25.1	185.3
중구	2001	42.0	6.7	11.1	5.1	3.1	4.5	2.0	0.8	8.8
	2006	48.6	7.6	11.4	5.8	3.3	5.9	2.6	1.0	11.0
	2011	53.2	8.1	11.0	6.2	3.6	7.1	3.1	1.3	12.8
동구	2001	15.6	2.5	4.2	2.0	1.2	2.3	0.7	0.4	2.4
	2006	15.0	2.4	3.7	1.9	1.1	2.5	0.7	0.4	2.5
	2011	14.4	2.3	3.1	1.7	1.0	2.6	0.8	0.4	2.5
남구	2001	96.5	14.9	24.8	11.5	6.8	11.4	3.8	2.2	21.0
	2006	93.4	14.1	21.3	10.9	6.2	12.4	4.1	2.4	22.0
	2011	89.1	13.1	17.8	10.1	5.9	13.1	4.4	2.5	22.3
연수구	2001	85.3	12.5	20.9	9.7	5.8	7.3	2.7	2.7	23.8
	2006	94.6	13.5	20.5	10.4	5.9	9.0	3.4	3.3	28.5
	2011	107.2	14.9	20.3	11.5	6.7	11.3	4.2	4.2	34.3
남동구	2001	112.9	17.4	29.1	13.5	8.0	14.5	4.2	2.7	23.5
	2006	113.7	17.2	26.0	13.2	7.5	16.4	4.8	3.1	25.6
	2011	113.2	16.6	22.6	12.8	7.5	18.0	5.2	3.4	27.1
부평구	2001	151.6	23.5	39.1	18.1	10.8	19.3	5.7	3.7	31.4
	2006	151.3	22.9	34.7	17.7	10.0	21.6	6.4	4.2	33.9
	2011	137.2	20.2	27.5	15.6	9.1	21.6	6.4	4.2	32.7
계양구	2001	80.2	12.6	21.0	9.8	5.8	8.8	2.8	2.8	16.5
	2006	77.3	11.9	18.1	9.2	5.2	9.6	3.0	3.1	17.3
	2011	68.7	10.3	14.1	8.0	4.6	9.4	3.0	3.0	16.3
서구	2001	116.3	18.5	30.9	14.3	8.5	15.4	4.3	3.5	20.9
	2006	126.9	19.8	30.0	15.3	8.7	18.9	5.3	4.3	24.7
	2011	138.6	21.1	28.7	16.3	9.5	22.8	6.4	5.1	28.7
강화군	2001	22.3	3.4	5.6	2.6	1.6	2.2	0.9	0.5	5.5
	2006	23.8	3.5	5.3	2.7	1.5	2.7	1.0	0.6	6.3
	2011	25.4	3.7	5.0	2.8	1.6	3.2	1.2	0.7	7.2
옹진군	2001	4.2	0.7	1.1	0.5	0.3	0.3	0.1	0.2	0.9
	2006	4.3	0.7	1.0	0.5	0.3	0.4	0.2	0.2	1.0
	2011	5.1	0.8	1.1	0.6	0.3	0.5	0.2	0.3	1.3

4.2 인천광역시 음식물쓰레기 재활용 방안

4.2.1 재활용 방안 수립 원칙 설정

○ 재활용 목표의 설정

음식물쓰레기의 재활용 목표는 배출원에서 1차 감량 후 배출되는 음식물쓰레기를 2001년 35%, 2006년 95%, 2011년 98%로 설정하고 이에 따른 음식물쓰레기의 재활용 계획을 수립한다.

○ 재활용 방법에 따른 배출원 선정기준

퇴비화에 의한 음식물쓰레기 재활용은 소량의 음식물쓰레기가 여러 지역에서 배출되고 수거가 어려우며 변질의 우려가 있는 단독주택, 연립주택, 공장, 사무실이 밀집되어 있는 지역을 우선 대상으로 한다.

사료화를 위한 음식물쓰레기의 배출원은 수집과 운반이 용이하고 비교적 양질의 음식물이 다량으로 배출되는 배출원으로 선정한다. 따라서 아파트 등 공동주택지역과 음식점, 시장·상가, 감량의무사업장 등 양질의 음식물쓰레기가 다량으로 배출되는 배출원을 사료화의 우선 대상으로 한다.

○ 재활용시설의 선택기준

퇴비화시설의 제한요인으로 작용하는 부지면적, 악취, 폐수발생 등을 고려하여 대도시 지역에서 음식물쓰레기의 배출원과 인접한 지역에 퇴비화 시설을 설치하기 위한 방법으로는 기계식퇴비화 시설이 적절하고 시설의 설치 및 운영조건에 따라서 호기성 또는 혐기성 퇴비화 방안을 선택한다.

사료화 방법의 선택은 지역여건과 축산농가와의 연계 방안을 감안하여 소도시지역으로 축산농가가 인접한 지역에서 발생되는 음식물쓰레기는 습식사료화가 가능하고 다량의 음식물쓰레기를 대규모로 재활용하기 위한 방안으로는 건식사료화 방안이 적절하다.

○ 재활용시설의 운영주체 및 부산물 활용의 원칙

대규모의 퇴비화 또는 사료화 시설을 설치 운영할 경우 인천시나 자치단

체는 민간업자를 최대한 활용하는 방안으로 음식물쓰레기의 수거·운반 대행, 부지제공, 처리비용 보조 등의 간접 지원 방안을 모색한다. 민간업자에 의한 재활용 시설의 설치가 어려운 지역에 대해서는 인천광역시나 자치구에서 재활용시설을 확보한다.

재활용시설에서 생산된 부산물의 수요처로는 인천광역시를 우선 고려 대상으로 인천시에서 현재 소비하는 퇴비의 대체와 시유림 또는 도로변 녹지에 퇴비를 시비하는 방안을 모색하고 사료는 강화군이나 타 지역의 축산농가와 연계·판매 방안을 모색한다.

4.2.2 수거·운반체계 구축

○ 음식물쓰레기 분리배출의 법적 근거 마련

폐기물관리법에 근거하여 각 자치구는 음식물쓰레기의 수집·운반 및 재활용의 촉진을 위한 조례와 시행규칙을 정하여야 한다. 조례 및 시행규칙은 음식물쓰레기를 분리 배출해야하는 지역 및 배출원을 규정하고 이에 따른 수거·운반 방법, 배출방법, 배출용기, 배출장소, 수수료 산정기준 및 부과방법 등이 구체적으로 명시되어야 한다.

○ 분리배출 및 수거·운반 지역의 단계적 확대

분리배출 및 수거·운반 지역의 확대는 음식물쓰레기 재활용 시설의 확충계획을 고려하여야 한다. 본 연구에서 제시한 음식물쓰레기의 재활용 목표를 달성하기 위해서는 2001년까지 퇴비화의 대상 배출원인 단독주택, 연립주택에서 배출되는 음식물쓰레기의 30%를 분리배출 및 수거·운반하고 사료화 대상 배출원인 공동주택, 음식점, 시장에서 배출되는 음식물쓰레기는 50%를 분리배출 지역으로 지정하여야 한다. 또한 2006년의 95%와 2011년의 98%의 재활용 목표 달성을 위해서는 모든 지역을 분리배출 지역으로 지정한다.

○ 음식물쓰레기의 배출 및 수거·운반 방법

음식물쓰레기 배출지역의 여건 및 배출원의 특성을 감안하여 차량의 접근

이 용이하거나 배출원이 밀집된 지역은 전용용기를 사용하고 차량의 진입과 공동배출이 어려운 지역은 투명한 음식물쓰레기 전용봉투를 사용한다.

공동주택과 감량의무사업장은 민간처리업체와의 상호계약을 통한 처리를 원칙으로 하고 민간업자에 의한 수거·운반 및 처리가 어려운 일반주택과 상가지역은 자치단체에 의한 처리 또는 자치단체에 의한 대행업체의 선정 방법을 고려한다. 수수료의 산정기준은 처리비용에 근거한 징수를 원칙으로 하고 징수방법은 민간업자와의 상호계약에 의한 처리일 경우는 배출량에 근거한 개별부과 방식을 채택하고 일반주택의 경우는 음식물쓰레기 전용봉투를 이용하여 부과하되 배출원별 수수료의 산정기준은 일치하여야 한다. 음식물쓰레기 분리배출 지역의 지정은 음식물쓰레기 재활용 시설의 확충계획과 배출량을 고려하여 지정지역을 확대한다.

4.2.3 재활용 시설의 적정규모

○ 인천시 초기 퇴비화 시설의 적정규모

인천시의 1997년 자체퇴비 사용량은 280.8톤/년으로 2,955만원의 예산을 사용하였다. 또한 예상 퇴비사용처로 인천시 시유림 지역에 주기적인 퇴비의 공급을 가정하여 퇴비사용량을 추정한 결과 589.9톤/년으로 예상되었다. 따라서 초기 퇴비화 시설의 적정용량은 870.7톤/년으로 1일 퇴비생산량 2.4톤 규모의 시설이 적정할 것으로 판단된다. 이를 호기성 퇴비화 시설의 경우로 환산할 경우 20~25톤/일 규모가 적정하리라 판단된다. 퇴비화 시설의 건설은 초기 퇴비화 시설의 설치와 운영과정에 대한 충분한 검토과정을 거친 후 점진적으로 퇴비화 시설의 수와 용량을 늘리는 방향으로 추진한다.

○ 재활용시설의 필요규모

음식물쓰레기의 연도별 재활용 목표와 배출원 선정기준에 근거하여 각 자치구의 재활용시설의 필요규모를 <표 4>에 나타내었다. 또한 인천시의 폐기물 처리의 효율성 증대를 위하여 처리권역별 재활용 시설의 필요 규모를 <표 5>에 나타내었다. 처리권역은 지역특성과 재활용시설의 입지조건을 고려

하여 제1처리권역은 서구, 동구, 중구, 제2처리권역은 계양구와 부평구, 제3처리권역은 남구, 연수구, 남동구, 제4처리권역은 강화군으로 구분하였다.

<표 4> 각 자치구별 재활용 시설의 필요규모

(단위 : 톤/일)

구 분	2001년		2006년		2011년	
	퇴비화시설	사료화시설	퇴비화시설	사료화시설	퇴비화시설	사료화시설
인천시	59.9	193.0	270.4	444.2	292.0	445.9
중 구	3.5	11.0	18.0	28.3	21.3	30.9
동 구	1.4	4.0	5.7	8.6	5.9	8.2
남 구	7.9	25.8	33.3	55.8	34.2	53.2
연수구	6.7	23.4	32.5	58.0	39.5	65.9
남동구	9.3	30.2	40.5	68.0	43.4	67.7
부평구	12.5	40.4	54.3	90.2	52.8	81.8
계양구	6.7	20.9	28.7	44.9	27.6	39.8
서 구	9.9	30.2	47.3	73.6	55.6	80.3
강화군	1.8	6.0	8.4	14.3	9.6	15.3
옹진군	0.4	1.1	1.7	2.5	2.1	2.8

<표 5> 처리권역별 재활용 시설의 필요규모

(단위 : 톤/일)

구분	2001년		2006년		2011년	
	퇴비화시설	사료화시설	퇴비화시설	사료화시설	퇴비화시설	사료화시설
인천시	59.9	193.0	270.4	444.2	292.0	445.9
제1처리권역	14.7	45.2	80.1	110.5	86.7	119.4
제2처리권역	19.2	61.3	93.6	135.1	84.3	112.6
제3처리권역	23.8	79.4	120.1	181.8	122.7	186.8
제4처리권역	1.8	6.0	9.5	14.3	10.1	15.3

4.2.4 재활용 시설의 효율적인 설치 및 운영 방안

○ 퇴비화시설 설치 및 운영방안

퇴비화에 의한 음식물쓰레기의 재활용 방법은 배출자와 퇴비생산 민간업자와의 상호개별 계약에 한계가 있다. 그러나 자치단체에서 직접 시설을 설치·운영할 경우 고정적이고 안정적인 음식물쓰레기의 퇴비화가 가능한 반면, 행정적·재정적인 부담을 안게 된다. 따라서 민간업자를 최대한 활용하여 퇴비화 시설을 설치·운영하고 이에 대한 간접 지원방안으로 수거·운반의 대행, 중간수집용기의 보급, 처리비용 보조 등의 방법을 강구하는 것도 바람직하다. 그러나 단독 주택이나 정원이 있는 가정에서 배출되는 음식물쓰레기의 1차 퇴비화를 위한 가정용 퇴비화용기의 보급은 자치단체에서 주도적으로 시행하는 것이 효과적이다.

○ 사료화 시설의 설치 운영 방안

사료화에 의한 음식물쓰레기의 재활용 방법은 민간업자에 의한 접근이 비교적 용이하다. 따라서 자치구는 사료화 시설의 건설에 직접 참여하기보다는 사료화 시설 건설에 민간업자에 의한 시설의 건설과 운영을 적극 추진한다. 또한 처리비용 확보 방안으로는 인천광역시나 자치구는 음식물쓰레기 사료화에 의해서 발생하는 생활폐기물 처리비용의 절감부분을 민간업자에게 지원하고 배출자가 수집·운반 및 처리비용을 부담하는 수수료 체계를 확립한다.

4.2.5 음식물쓰레기 적정 수수료(안)

○ 1가구 부담 수수료

음식물쓰레기 수거·운반비용과 국내에서 운영되고 있는 재활용방법별 처리량을 기준으로 1㎏ 당 수수료를 산정한 결과, 51원~166원이고 이를 4인 기준 1가구의 한 달간 수수료 부담액으로 환산하면 1,862원~6,059원 이다.

<표 6> 재활용 방법별 적정 수수료(안)

구 분	1kg 당 수수료(원/kg)		1가구당 수수료(원/월·가구)	
	수수료[1]	수수료[2]	수수료[1]	수수료[2]
호기성퇴비화	138	77	5,039	2,811
혐기성퇴비화	153	92	5,585	3,359
건식사료화	166(180*)	105(119*)	6,059(6,570*)	3,833(4,344*)
습식사료화	112	51	4,088	1,862

주 : *는 사료 판매금액을 고려하지 않은 처리비용
1) 1997년 인천시 생활폐기물 수거·운반 대행료를 수거·운반비로 고려
2) <표 4-19>에서 1단계의 수거·운반비를 수거·운반비로 고려

○ 수거방법별 수수료

전용용기를 이용하여 음식물쓰레기 배출량에 근거하여 수수료를 부과할 경우 51원/kg~166원/kg을 기준으로 부과하고 단독주택과 같이 전용용기를 이용한 수거가 어려워 음식물쓰레기 전용봉투를 이용하여 수수료를 부과할 경우에는 ℓ당 41원~133원 기준으로 수수료를 부과한다.

이러한 수수료의 부과는 음식물쓰레기의 재활용에 소요되는 비용의 100%를 배출자가 부담한다는 원칙에서 출발한 것으로 처음부터 소요비용의 100%를 부과하기보다는 초기 수수료 부담율은 현재 생활폐기물의 처리자립도를 감안하여 결정하고 점차적으로 그 부담 비율을 높여 가는 방향으로 한다.

Ⅰ. 서론

1.1 연구의 필요성 및 목적

인천광역시의 생활폐기물 중에서 음식물쓰레기가 차지하는 비율은 1997년 34.8%로 가장 높은 비율을 차지하고 있다. 현재 음식물쓰레기는 재활용품을 분리하고 배출되는 생활폐기물과 함께 종량제 봉투에 버려지고 있다. 음식물쓰레기는 그 특성상 쉽게 부패하고 부패과정에서 악취와 침출수가 발생되어 수거·운반에 많은 어려움을 야기한다. 또한 음식물쓰레기가 포함된 생활폐기물을 소각처리 할 경우 수분함량이 높은 음식물쓰레기는 소각효율을 떨어뜨릴 뿐 아니라 불안전 연소로 인한 대기오염 물질의 발생 가능성을 높힌다. 매립처리 때에는 음식물쓰레기의 부패과정에서 발생하는 침출수와 악취의 발생이 큰 문제점으로 대두되고 있다.

이와 같이 분리처리하지 않고 다른 생활폐기물과 함께 소각 또는 매립처리 할 경우 많은 문제를 일으키는 음식물쓰레기도 분리 처리하면 퇴비 또는 사료로의 사용이 가능함으로써 높은 재활용 가치를 가진다. 음식물쓰레기의 사료화 또는 퇴비화에 의한 재활용은 자원의 재순환이라는 친환경적인 측면뿐 아니라 음식물쓰레기를 제외한 다른 생활폐기물의 처리효율을 높일 수 있다는 이점을 가지고 있다.

따라서 이 연구에서는 음식물쓰레기의 현황분석과 국내·외 재활용 사례의 고찰을 통하여 인천광역시의 2011년까지의 음식물쓰레기 배출량을 추정하고 단계별 재활용 방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구내용 및 방법

Ⅱ장에서는 인천시의 음식물쓰레기 현황 및 배출량 추정방법을 고찰한다. 인천시의 음식물쓰레기 배출, 수거·운반, 처리현황의 파악을 위해서는 기존의 환경부 및 인천시의 자료를 이용한다. 음식물쓰레기의 배출량 추정방법의

고찰은 현재 폐기물의 배출량 추정에 이용되고 있는 4가지의 기법을 검토하고 인천시 음식물쓰레기 배출량 해석에 가장 적절하다고 판단되는 방법을 선정한다.

Ⅲ장에서는 음식물쓰레기의 재활용 사례연구로 국내·외의 재활용 사례를 파악하여 재활용 방법별 장·단점을 비교·분석하고 최근의 음식물쓰레기 재활용 경향을 파악한다. 국내사례는 환경부 또는 지방자치단체에서 조사 발표한 사례를 중점적으로 조사하고 외국의 사례는 인터넷과 외국저널을 주로 이용한다.

Ⅳ장에서는 음식물쓰레기의 배출량 추정 결과와 인천광역시의 재활용 방안을 제시한다. 음식물쓰레기의 배출량 추정은 환경부에서 1997년에 조사한 "전국폐기물통계조사"자료와 도시기본계획 및 2020인천드림의 인구수 예측 자료를 이용한다. 인천광역시의 음식물쓰레기 재활용 방안은 국내·외 사례 연구를 통한 재활용 방법별 장·단점과 최근 외국의 재활용 경향을 고려하여 음식물쓰레기 재활용 방안수립을 위한 원칙과 음식물쓰레기의 수거·운반체계를 제시한다. 그리고 2011년까지의 음식물쓰레기 배출량 추정 결과를 근거로 음식물쓰레기 재활용 시설의 적정규모를 제시하고 현재 국내에서 건설되어 운영되고 있는 재활용 시설의 건설 및 운영비를 기초로 인천광역시의 음식물쓰레기 적정 수수료(안)을 제시한다.

Ⅱ. 음식물쓰레기 현황 및 배출량 추정 방법

2.1 현황분석

2.1.1 배출현황

2.1.1.1 배출원수

(1) 인구 및 주택

1998년 말 기준 인천시의 인구는 2,498,404명으로 전국 6대 도시와 비교하여 서울, 부산, 대구에 이어 4위의 인구규모를 가지고 있다. 인천시의 인구는 매년 꾸준한 증가추세에 있으나 1992년부터 증가추세가 둔화되었으며 앞으로도 증가율은 점점 낮아질 것으로 예상된다. 반대로 주택 보급율은 계속 증가할 것으로 예상되어 단독주택의 비율은 감소 또는 현 수준을 유지하고 아파트, 연립·다세대와 같은 공동주택의 비율은 증가할 것으로 예상된다. 아파트의 점유율은 연수구가 88.5%로 가장 높고 계양구 66.7%, 부평구 52.7% 순으로 나타났다.

<표 2-1> 인천광역시 인구 및 주택 현황

구 분	인구수	세대수	주택수(호)	주택유형별 점유율(%)		
				단독주택	아파트	연립·다세대
합 계	**2,498,404**	**787,498**	**578,014**	**28.1**	**50.2**	**21.7**
중 구	75,482	26,557	19,987	59.8	28.0	12.2
동 구	82,671	30,030	22,988	74.7	22.3	3.0
남 구	420,198	136,649	96,000	42.7	34.9	22.4
연수구	260,466	78,653	68,569	6.6	88.5	4.9
남동구	400,182	128,782	96,822	20.6	48.7	30.8
부평구	521,288	161,671	104,472	25.1	52.7	22.2
계양구	327,124	97,826	73,386	12.7	66.7	20.6
서 구	328,382	99,200	70,703	14.9	47.4	37.6
강화군	68,689	22,891	19,862	83.8	3.6	12.6
옹진군	13,922	5,219	5,225	99.8	0.0	0.2

주 : 1998년 12월 31일 기준 인구
자료 : 인천광역시, 인천통계연보, 1998

(2) 감량의무사업장

(가) 감량의무사업장의 범위

환경부는 음식물쓰레기 배출량 감소와 재활용의 활성화를 위하여 1994년부터 대형음식점과 집단급식소를 중심으로 음식물쓰레기 재활용 시설의 설치를 의무화하는 감량의무사업장을 지정하였다. 폐기물관리법시행규칙에서 일정규모이상의 감량의무사업장은 음식물쓰레기를 스스로 처리·감량 또는 재활용하거나 법에서 정하는 음식물류 재활용 시설이나 음식물쓰레기를 재생처리 또는 재이용하는 자에게 수집·운반·처리하도록 정하고 있다. 음식물쓰레기 감량의무사업장의 범위는 1일 평균급식인원 100명 이상의 집단급식소와 객석(객실포함)면적 100㎡이상의 식품접객업소 그리고 대형점포, 농축산물 도매센터, 관광업소이다.

<표 2-2> 음식물쓰레기 감량의무사업장 적용 대상

집단급식소	· 1일평균 연급식인원 100인 이상 집단급식소
음식점	· 객석(객실포함)면적 100㎡이상의 휴게음식점영업(다방과 과자점제외) 및 일반음식점영업
기타 사업장	· 대규모 점포 · 농수산물도매시장, 농수산물공판장 · 호텔업·휴양콘도미니엄업

자료 : 법제처, 폐기물관리법, 1999

(나) 인천광역시 감량의무사업장 현황

1998년 말 기준 인천광역시의 폐기물관리법시행규칙에 의한 음식물쓰레기 감량의무사업장 적용 대상은 일반음식점 1,627개소, 집단급식소 449개소, 대규모점포 42개소, 농수산물시장 4개소, 호텔·콘도 11개소로 총 2,133개소 이다. 2,133개소의 감량의무사업장 중 감량기기에 의한 자가감량 174개소, 재활용 1,274개소로 전체 업소의 67.9%가 감량 및 재활용을 추진하는 것으로 조사되었다.

<표 2-3> 인천광역시 감량대상 식품접객업소 현황

(단위 : 개소)

구 분	합계			일반음식점			집단급식소		
	총 사업장수	자가 감량	재활용	총 사업장수	자가 감량	재활용	총 사업장수	자가 감량	재활용
합 계	**2,076**	**167**	**1,232**	**1,627**	**80**	**904**	**449**	**87**	**328**
중 구	198	10	73	157	-	42	41	10	31
동 구	35	7	28	16	7	9	19	-	19
남 구	391	37	158	338	12	130	53	25	28
연수구	293	17	79	268	8	66	25	9	13
남동구	267	24	238	179	3	171	88	21	67
부평구	393	55	249	317	44	184	76	11	65
계양구	110	5	108	79	2	70	31	3	38
서 구	190	11	111	91	4	50	99	7	61
강화군	191	1	190	177	-	177	14	1	13
옹진군	8	-	8	5	-	5	3	-	3

자료 : 인천광역시 보건위생과, 내부자료, 1998

<표 2-4> 인천광역시 감량대상 식품유통업소 현황

(단위 : 개소)

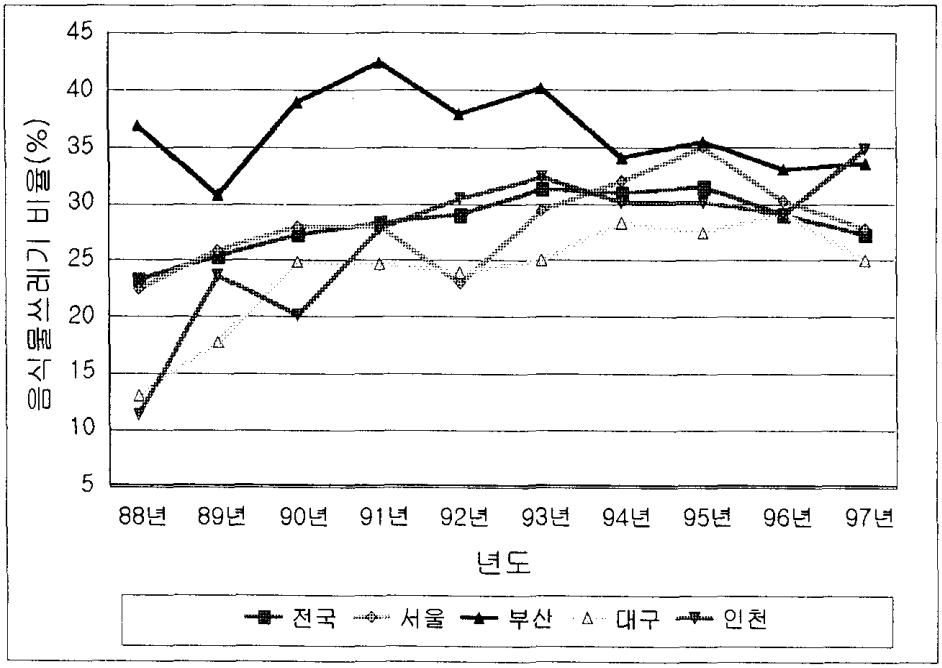
구 분	합계			대규모점포			농수산물시장			호텔, 콘도		
	총 사업장수	자가 감량	재활 용	총 사업장수	자가 감량	재활 용	총 사업장수	자가 감량	재활 용	총 사업장수	자가 감량	재활 용
합 계	**57**	**7**	**42**	**42**	**4**	**30**	**4**	**1**	**3**	**11**	**2**	**9**
중 구	5	-	5	2	-	2	1	-	1	2	-	2
동 구	4	-	4	3	-	3	1	-	1	-	-	-
남 구	12	1	7	10	1	5	-	-	-	2	-	2
연수구	10	1	5	9	1	4	-	-	-	1	-	1
남동구	11	1	10	8	-	8	1	1	-	2	-	2
부평구	9	2	7	6	-	6	1	-	1	2	2	-
계양구	5	2	3	4	2	2	-	-	-	1	-	1
서 구	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
강화군	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	1
옹진군	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

자료 : 인천광역시 보건위생과, 내부자료, 1998

2.1.1.2 배출량

가정에서 배출되는 생활폐기물은 음식물류, 종이류, 플라스틱류, 목재류 등으로 구성되어 있다. 1997년의 종류별 생활폐기물의 구성비를 살펴보면, 음식물류 34.8%, 종이류 14.8% 순으로 음식물류가 가장 높은 비율로 배출되고 있다. 과거 10년간 생활폐기물에서 음식물류가 차지하는 비율을 살펴보면 88년부터 95년까지는 점차 증가하는 추세였으나 95년부터는 감소추세에 있다. 이는 생활수준의 향상과 외식문화의 발달로 인하여 음식물쓰레기의 배출량이 증가하였으나 95년부터 실시된 종량제와 음식물쓰레기 감량 및 재활용을

위한 노력으로 그 비율이 차츰 감소되는 것으로 판단된다.



<그림 2-1> 생활폐기물중 음식물쓰레기의 비율 변화

음식물쓰레기 배출량은 생활수준, 가족구성원의 수, 쓰레기 관리정책 등에 따라서 영향을 받게되고 대체적으로 생활수준이 높고[1] 가족구성원의 수가 적을 수록[2] 음식물쓰레기의 1인당 배출량은 많은 것으로 조사되고 있다. 인천광역시와 다른 주요도시의 음식물쓰레기 배출량의 변화 추세를 파악하기 위하여 1988년부터 1997년까지의 음식물쓰레기 총 배출량과 1인 1일 음식물쓰레기 배출량을 <표 2-5>과 <그림 2-2>에 나타내었다.

종량제의 실시와 음식물쓰레기의 감량화 노력으로 음식물쓰레기의 총 배출량과 1인1일 배출량은 감소추세에 있으나, 아직도 생활폐기물 중에서 차지

1) 서울대학교 환경대학원 환경계획연구소, 도시고형폐기물의 효율적 관리에 관한 연구, 1983, p.58

2) 인천광역시 중구연구단, 21C음식문화개선방안 -음식물쓰레기 줄이기를 중심으로-, 1997.10, p.15

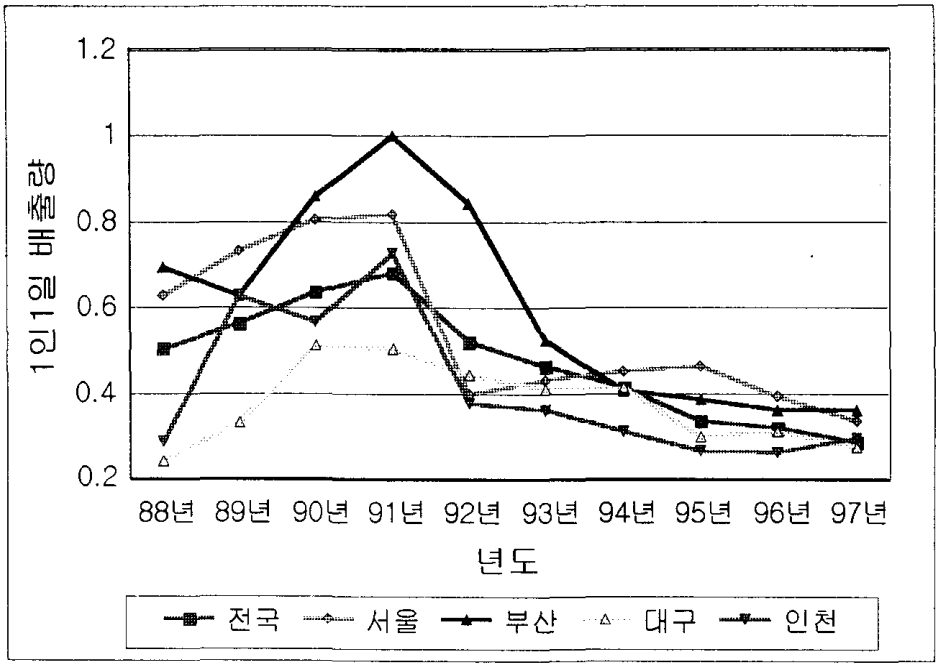
하는 음식물쓰레기의 비율이 가장 높다.

<표 2-5> 음식물쓰레기 배출현황

(단위 : 톤/일, kg/인·일)

구 분		88년	89년	90년	91년	92년	93년	94년	95년	96년	97년
전국	총배출량	17,055	19,790	23,003	26,254	21,807	19,764	18,055	15,075	14,532	13,063
	1인1일 배출량	0.51	0.56	0.64	0.68	0.52	0.46	0.41	0.34	0.32	0.29
서울	총배출량	6,480	7,764	8,522	8,950	4,399	4,726	4,932	4,930	4,148	3,522
	1인1일 배출량	0.63	0.73	0.81	0.82	0.40	0.43	0.45	0.47	0.40	0.34
부산	총배출량	2,625	2,423	3,320	3,839	3,265	2,026	1,568	1,519	1,425	1,396
	1인1일 배출량	0.70	0.63	0.86	1.0	0.84	0.53	0.41	0.39	0.36	0.36
대구	총배출량	528	743	1,149	1,143	995	931	970	748	776	690
	1인1일 배출량	0.24	0.33	0.51	0.51	0.44	0.41	0.42	0.30	0.31	0.28
인천	총배출량	471	1,101	1,021	1,423	778	765	684	615	623	715
	1인1일 배출량	0.29	0.63	0.57	0.73	0.38	0.36	0.31	0.27	0.27	0.30

자료 : 환경부, 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 1989~1998



<그림 2-2> 음식물쓰레기 1인1일 배출량 추세

2.1.2 수거 · 운반 현황

음식물쓰레기는 종량제 실시 이후 종량제 봉투에 생활폐기물과 함께 버려지고 있으나 매립처리시 침출수 및 악취발생과 소각처리시 효율 저하로 감량과 재활용의 필요성이 대두되고 있다. 이러한 문제로 폐기물관리법에서는 2005년 1월 1일부터 특별시, 광역시, 시지역에서 발생하는 음식물쓰레기의 직매립을 금지하고 소각, 퇴비화, 사료화, 소멸화 처리후 잔재물만을 매립하도록 정하고 있어 인천광역시와 각 자치구는 음식물쓰레기의 감량과 재활용을 위한 여러 가지 방안을 모색하고 있다.

음식물쓰레기의 재활용과 적정처리를 위해서는 음식물쓰레기의 분리수거와 운반이 전제되어야 한다. 현재 인천광역시는 음식물쓰레기의 재활용을 위한 시범사업으로 축산농가와의 연계를 통한 사료화, 기계식 사료화, 퇴비화

를 추진하고 있으나 아직은 시범실시 단계로 점진적으로 음식물쓰레기의 분리배출·수거 및 처리지역을 확대할 방침을 가지고 있다[3]. 재활용을 위한 음식물쓰레기의 일반적인 분리방법은 가정에서 물기를 제거한 음식물쓰레기를 분리수거용 용기 또는 비닐봉투를 이용하여 지정된 장소에 비치된 음식물쓰레기 전용 중간수집용기에 배출한 후 자치단체의 음식물쓰레기 전용수거차량 또는 음식물쓰레기 재활용업체의 차량을 이용하여 1일 1회 또는 2일 1회 수거한다.

<표 2-6> 음식물쓰레기 재활용 시범지역의 수거·운반 현황

발 생 원	· 물기를 제거하여 가정용 수거용기 또는 비닐봉투를 이용하여 배출
중간수집	· 지정된 장소에 공동보관시설 또는 전용수거용기를 비치하여 공동수집
운 반	· 음식물쓰레기의 수거를 위한 별도의 수거·운반대행업체를 선정하지 않고 자치단체에서 음식물쓰레기 전용수거차량을 이용하여 직접 수거·운반하거나 민간처리업체가 자체 차량을 이용하여 운반
수 수 료	· 음식물쓰레기의 수거·운반 및 처리에 소요되는 비용의 일정부분은 배출자가 부담(대략 1000원/세대)

현재 일부 자치단체는 음식물쓰레기를 일반종량제 봉투를 이용하여 배출하거나 전용수거용기를 이용하여 배출할 경우 일정비용의 수수료를 징수하고 있다. 그러나 음식물쓰레기의 체계적인 분리배출과 수거·운반 그리고 수수료 징수의 법적 근거를 마련하기 위해서는 각 자치구 단위의 조례제정이 시급한 실정으로 일부 자치구는 음식물쓰레기 수거·운반 및 재활용 촉진을

3) 인천광역시, 인천광역시폐기물처리기본계획(수정계획), 1997, p.61~62

위한 조례와 시행규칙을 추진 중이다[4]. 조례에는 음식물쓰레기 분리배출지역의 지정과 음식물쓰레기의 분리배출 및 수거를 위한 배출방법 및 전용수거용기의 설치 방법 그리고 음식물쓰레기의 분리 수거·운반과 처리수수료의 부과 방법 등이 포함되어 있다[5].

2.1.3 처리현황

과거 음식물쓰레기는 전량이 매립처리 되었다. 그러나 음식물쓰레기의 감량과 재활용 필요성으로 발생원 처리시설의 보급과 음식물쓰레기 다량배출원에 대한 감량의무사업장의 지정을 확대하였다. 그 결과, 음식물쓰레기의 재활용율은 95년 1.1%, 96년 4.8%, 97년 5.5%로 점차 증가한 반면, 매립은 95년 98.9%, 96년 94.9%, 97년 94.2%로 감소하고 있다. 각 자치구의 연도별 음식물쓰레기 처리현황을 <표 2-7>에 나타내었다. 동구, 남구, 부평구의 음식물쓰레기 배출량이 많은 것으로 나타났다.

현재 음식물쓰레기의 감량 및 재활용을 위한 주요 방안은 발생원 감량 및 처리를 위한 탈수기기와 감량화 기기의 보급, 자가 또는 위탁처리에 의한 퇴비화 또는 사료화, 축산농가위탁, 재활용사업자 위탁 등으로 구분될 수 있다. 1997년 음식물쓰레기의 재활용 및 처리현황을 살펴보면, 전체 음식물쓰레기 배출량의 10.0%를 감량화기기, 탈수기기, 미생물발효제, 위탁처리, 퇴비화 방법에 의해 재활용하는 것으로 나타났다. 재활용량의 64.8%는 축산농가나 재활용사업자에 위탁처리되고 있다. 음식물쓰레기의 처리방법으로 소각처리는 233kg, 0.03%를 차지하고 있어 음식물쓰레기의 처리는 아직도 대부분을 매립에 의존하고 있다. 1997년도 음식물쓰레기의 재활용 및 처리현황을 살펴보면 <표 2-8>와 같다.

---

4) 8개 구·군 조례 제정 완료(미제정 : 중구, 연수구)
인천광역시, '99폐기물관리 종합처리계획, 1999, p.27

5) 인천광역시 남동구, 음식물쓰레기 분리·배출 실시를 위한 주민설명회 자료, 1998.10, p.16~18

<표 2-7> 인천광역시 음식물쓰레기 처리현황

(단위 : 톤/일)

구 별	95년				96년				97년			
	소계	매립	소각	재활용	소계	매립	소각	재활용	소계	매립	소각	재활용
합 계	615.3	608.8	0.0	6.5	623.0	591.0	2.0	30.0	715.4	674.3	2.1	39.0
중 구	55.0	55.0	0.0	0.0	72.0	72.0	0.0	0.0	50.6	45.9	1.0	3.7
동 구	23.0	21.0	0.0	2.0	42.0	41.0	0.0	1.0	34.3	33.6	0.0	0.7
남 구	86.0	86.0	0.0	0.0	102.0	100.0	0.0	2.0	114.5	110.6	0.0	3.9
연수구	97.0	97.0	0.0	0.0	49.0	49.0	0.0	0.0	53.4	50.7	0.1	2.6
남동구	103.1	103.1	0.0	0.0	91.0	91.0	0.0	0.0	195.8	192.9	0.0	2.9
부평구	121.0	121.0	0.0	0.0	123.0	120.0	0.0	3.0	126.0	119.0	0.0	7.0
계양구	48.0	48.0	0.0	0.0	53.0	52.0	0.0	1.0	58.3	52.5	0.0	5.8
서 구	75.2	73.7	0.0	1.5	85.0	62.0	1.0	22.0	73.4	65.0	1.0	7.4
강화군	6.0	4.0	0.0	2.0	5.0	4.0	0.0	1.0	7.0	2.0	0.0	5.0
옹진군	1.0	0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	2.1	2.1	0.0	0.0

자료 : 환경부, 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 1996~1998

<표 2-8> 1997년 인천광역시 음식물쓰레기 재활용 및 처리현황

(단위 : 톤/년)

구 별	합 계	재활용							처리량	
		감량기기	탈수기기	미생물발효	퇴비화	기타(자가사료)	축산농가위탁	재활용사업자위탁	소각	매립
합 계	**715.40**	**17.60**	**5.15**	**0.50**	**1.44**	**1.27**	**33.40**	**12.00**	**0.23**	**643.80**
중 구	50.61	0.24	0.13	0.00	0.26	0.02	2.78	6.00	0.02	41.16
동 구	34.31	0.08	0.82	0.00	0.02	0.00	0.03	0.43	0.00	32.93
남 구	114.50	1.14	0.00	0.03	0.14	0.00	0.69	0.58	0.08	111.84
연수구	53.41	1.64	0.22	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	51.48
남동구	195.81	1.50	0.00	0.00	0.31	0.00	15.33	0.36	0.00	178.31
부평구	126.01	5.49	0.19	0.00	0.70	0.00	6.36	0.65	0.00	112.62
계양구	58.30	4.90	0.00	0.03	0.00	0.00	0.87	3.98	0.00	48.52
서 구	73.40	2.60	3.80	0.20	0.00	0.00	4.60	0.00	0.12	62.08
강화군	7.01	0.03	0.00	0.25	0.01	0.00	1.84	0.00	0.02	4.86
옹진군	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	1.25	0.85	0.00	0.00	0.00

자료 : 인천광역시 청소행정과, 내부자료, 1997

2.2. 배출량 추정 방법

2.2.1 배출량 추정방법 고찰

폐기물 배출량의 추정은 폐기물의 재활용과 처리시설의 필요규모를 산정

하는데 중요한 요소로 작용한다. 배출량의 과대평가는 필요한 폐기물처리시설의 규모를 과대 산정하는 결과를 초래하여 불필요한 예산의 낭비를 가져올 수 있기 때문이다. 폐기물 배출량을 해석하고 추정하는 방법은 크게 물질수지법, 경향법, 다중회귀모델, 실측에 의한 방법 4가지로 구분할 수 있다[6].

2.2.1.1 물질수지법(Material Balance Method)

물질수지법에 의한 폐기물 배출량 해석 기법은 대상지역내에 투입되는 원자재 물질과 폐기물로 배출되는 물질의 수지를 맞추는 방법에 의해 배출량을 추정하는 방법이다. 따라서 대상지역내의 원자재 수급과 폐기물 배출량에 관한 충분한 자료가 확보된다면 폐기물 배출량의 해석이 가능하다. 그러나 1개의 도시를 대상으로 할 경우에는 이 방법을 간단하게 적용할 수는 없다. 왜냐하면, 도시의 토지용도가 매우 다양하여 단순하게 시스템을 구성할 수 없고 생산물을 이용하는 각종 도시구성 요소들에 관한 별도의 물질수지가 작성되어야 하는 등 매우 복잡하고 많은 자료가 필요하기 때문이다.

또 다른 문제점은 폐기물 배출량 추정의 경우 시간을 종속인자로 설정하여야 하지만 제품의 수명이 일정하지 않기 때문에 쓰레기가 되는 시점을 평가할 수 없다는 것이다. 제품의 수명이 결정된다 하여도 평균수명일 뿐 사용자의 성향에 따라서 수명에 편차를 지니게 되므로 이에 대한 보정이 필요하다. 이러한 문제점까지 고려한 물질수지법에 의한 배출량 해석은 매우 복잡하게 구성되므로 도시쓰레기에 이 방법을 적용한 사례는 없다. 따라서 도시생활폐기물보다는 산업폐기물 분야에 적용된다.

2.2.1.2 다중회귀모델(Multiple Regression Model)

다중회귀모델에 의한 폐기물 배출량의 해석은 지역특성을 나타내는 요인들과 폐기물 배출량과의 관계를 분석하고 현시점에서 요인들을 독립변수로

---

6) 유기영, 도시쓰레기 배출특성해석을 위한 기법 개발, 서울시립대 대학원 박사학위 논문, 1995, p.18~23

하여 폐기물 배출량을 해석하는 방법이다. 따라서 이 방법에 의한 폐기물 배출량의 추정은 폐기물 배출에 영향을 미치는 각각의 요인들의 변화경향을 예측하고, 이들을 대입함으로써 장래의 폐기물 배출량을 추정할 수 있다.

폐기물 배출량이나 성상에는 그 지역이 갖는 특성이 어떤 형태로든 반영된다. 지역의 특성을 나타내는 인자는 무수히 많고, 그들은 상호 복잡하게 작용하여 단순한 상관관계만을 고려하는 것은 곤란하다. 따라서 각 인자마다의 영향을 파악하기보다는 인자들 전체의 영향을 총괄적으로 파악하는 것이 간편하고 유용하다. 따라서 이 방법에 의한 폐기물 배출량 해석방법은 폐기물의 배출에 영향을 미치는 요인들을 파악하고 이들 요인들이 폐기물의 배출량에 미치는 영향에 대한 평가가 가능하다는 전제하에서 4가지의 폐기물 배출량 해석기법 중 가장 정확한 해석기법일 수 있다. 그러나 현실적으로 영향인자를 파악하고 영향인자와 폐기물배출량과의 관계를 추정하여 장래의 배출량을 예측하는데는 어려움이 있을 것으로 판단된다.

2.2.1.3 경향법(Trend Method)

최소 5년 이상의 과거 폐기물 배출량 자료의 변동경향을 이용하여 장래의 배출량을 추정하는 방법이다. 이 방법은 시간과 그에 따른 배출량과의 상관성을 분석하는 방법으로 도시의 특성과 폐기물 배출량과의 관계를 분석하기보다는 도시의 특성이 폐기물 배출량에 반영되어 있다는 기본 전제하에 이루어진다. 이 방법은 환경부나 인천시 등 대부분의 도시에서 폐기물의 배출량을 추정하는데 이용되는 방법이다. 경향법에 의한 배출량의 예측은 과거의 폐기물 배출경향을 이용하여 미래를 예측함으로서 자료의 수집과 배출량의 해석이 다른 방법과 비교하여 용이하다는 장점이 있다. 그러나 과거의 폐기물 배출경향이 미래에도 지속된다는 가정에서 출발하는 것이므로 급격한 폐기물 정책의 변화나 도시형태의 변화가 폐기물 배출량에 미치는 영향을 반영하는데 어려움이 있다.

2.2.1.4 실측에 의한 해석법

배출원별로 단위 배출원에서 배출되는 폐기물 배출량을 측정하여 배출원별로 대표 폐기물 배출량을 산정한 배출원단위[7]에 배출원의 크기를 곱하여 폐기물 배출량을 해석하는 방법이다. 실측에 의한 폐기물 배출량 해석기법이 적용되기 위해서는 많은 실측자료가 요구되고, 표본의 적절한 선정과정과 적절한 주기의 지속적인 실측조사를 통한 배출원단위의 조사가 선행되어야 한다. 국내의 경우 폐기물 처리시설의 계획과 관련된 대부분의 과업에서 거의 필수적으로 가정생활폐기물의 배출원단위를 조사하고 있으나 사업장폐기물에 대해서는 필요에 따라서 산발적으로 조사가 이루어지고 있다. 폐기물 배출원별 원단위 조사에 의하여 폐기물 배출량을 예측할 경우, 폐기물 총 배출량뿐 만 아니라 배출원별 배출량의 산정이 가능하다. 따라서 신뢰할 수 있는 배출원단위의 조사가 지속적으로 이루어진다면 배출원 관리를 위한 구체적인 방안의 수립이 가능하므로 한층 더 실효성 있는 관리계획이 될 수 있다.

2.2.2 배출량 추정방법의 선정

2.2.1에서 살펴보았듯이 폐기물 배출량을 해석하는 방법에는 물질수지법, 다중회귀모델, 경향법, 실측에 의한 해석법이 있다. <표 2-9>은 폐기물 배출량 해석을 위한 각 방법을 비교하여 나타내었다.

물질수지법은 Input과 Output의 파악이 가능한 공간에서 적용될 수 있는 배출량 해석방법으로 도시지역의 폐기물 배출량 해석보다는 산업폐기물의 해석에 적합한 방법이다. 다중회귀모델은 지역의 특성을 나타내는 많은 인자를 파악하고 이들 인자들의 장래변화를 예측할 수 있다면 가장 정확한 예측방법이 될 수 있다. 그러나 현실적으로 영향인자의 파악과 이들 영향인자와

---

7) 폐기물을 배출하는 배출원의 특성에 따라서 주거형태, 주거규모, 난방형태, 업종형태 등으로 구분하여 인구, 종업원수, 면적 등의 단위별로 배출되는 폐기물의 배출원별 대표값을 의미한다. 배출원별로 조사된 배출원단위는 폐기물의 배출량을 추정하는 기초자료로 이용된다.

폐기물 배출량과의 관계를 해석하는데는 어려움이 있다. 경향법에 의한 배출량 추정 방법은 장래의 폐기물 배출량을 추정하는데 일반적으로 적용되는 방법으로 자료수집과 배출량의 해석이 다른 방법과 비교하여 용이하다는 장점이 있으나 폐기물 관리정책의 변화나 도시형태의 변화가 폐기물 배출량에 미치는 영향을 적절히 고려할 수 없다는 단점이 있다. 실측에 의한 해석법은 정확하고 지속적인 배출원별 폐기물 배출량에 대한 조사가 전제되어야 한다는 단점이 있으나 배출원별 배출량의 예측이 가능하여 실효성 있는 배출원 관리계획의 수립이 가능하다는 장점이 있다.

본 연구에서는 현실적으로 도시지역의 폐기물 배출량 해석에 적용이 어려운 물질수지법과 다중회귀모델을 제외한 경향법과 실측에 의한 해석 방법 중에서 총 배출량 예측 이외에 배출원별 배출량의 파악이 가능한 실측에 의한 해석법으로 음식물쓰레기의 배출량을 예측하고자 한다.

<표 2-9> 배출량 추정 방법의 비교

구분	장점	단점
물질수지법	· 산업폐기물의 배출량 해석에 적용 가능	· 대상지역의 Input과 Output에 대한 정확한 자료 필요. · 도시폐기물 해석방법으로 부적절.
다중회귀법	· 지역의 특성을 반영한 가장 정확한 예측 기법	· 현실적으로 폐기물 배출에 영향을 미치는 인자 파악의 어려움. · 영향인자와 폐기물 배출량과의 관계 추정의 어려움.
경향법	· 가장 널리 이용되는 해석 기법 · 자료수집과 배출량 해석 용이	· 급변하는 폐기물 관리정책 또는 지역특성의 변화를 반영하는데 한계 · 최소 5년의 일관성 있는 자료 필요
실측에 의한 해석법	· 실효성 있는 배출원별 관리계획 수립 가능	· 지속적이고 신뢰성 있는 배출원단위 배출량 조사 필요 · 배출원수의 예측을 위한 축적된 자료 필요

왜냐하면, 음식물쓰레기의 배출량 예측이 실효성을 높이기 위해서는 음식물쓰레기의 배출량에 영향을 미치는 사회적 요인의 변화가 배출량에 반영된 것을 전제로 한 경향법보다는 배출원별 발생량을 추정하고 각각의 배출원에 대한 관리목표를 설정하여 이에 따른 음식물쓰레기의 배출량을 예측하는 실측에 의한 배출량 해석 기법이 더 유용하다고 판단되기 때문이다.

또한 경향법에 의한 배출량의 예측은 음식물쓰레기의 총량에 대한 해석은 가능하나 각각의 배출원이 음식물쓰레기 배출량에 미치는 영향을 파악하고 이에 따른 대안의 수립하는데는 어려움이 있다. 그러나 실측에 의한 배출량 추정은 배출원별 배출량의 추정이 가능함으로써 배출원별로 세분화된 관리목표의 설정과 음식물쓰레기 처리계획을 배출원과 처리방법별로 구분하여여 수립하는 것이 가능하다.

그러나 경향법은 자료의 수집과 배출량의 해석이 실측에 의한 해석법과 비교하여 상대적으로 용이하다는 장점이 있다. 실측에 의한 배출량의 해석은 배출원별 배출량의 대표값이 전체 배출량에 큰 영향을 미치는 만큼 반복적이고 정기적인 배출원별 원단위 배출량에 대한 조사가 이루어져야 하며, 배출원수의 예측을 위한 축적된 자료와 연구가 선행되어야 한다.

Ⅲ. 음식물쓰레기 재활용 사례 분석

3.1 국내 사례분석

3.1.1 재활용 사례

1995년부터 실시된 쓰레기 종량제와 수도권 매립지의 음식물쓰레기 반입 금지로 음식물쓰레기의 재활용을 위한 다양한 방법이 시도되고 있다. 국내에서 음식물쓰레기를 재활용하는 방법은 재활용 주체에 따라서 배출자에 의한 재활용과 지방정부에 의한 재활용으로 구분할 수 있다. 또한 음식물쓰레기의 재활용 방법에 따라서는 호기성퇴비화, 혐기성퇴비화, 지렁이를 이용한 퇴비화, 습식사료화, 건식사료화로 구분된다. 국내에서 음식물쓰레기를 재활용하고 있는 사례들을 처리주체와 방법으로 구분하여 재활용 방법과 문제점들을 살펴보면 다음과 같다.

3.1.1.1 배출자에 의한 재활용

배출자에 의한 음식물쓰레기의 재활용은 배출원에서 가정용 발효용기와 미생물을 이용한 1차발효, 과일껍질, 채소류의 자연건조, 고속발효기를 이용한 감량 또는 퇴비화와 배출원에서의 가축 사육을 통한 사료화로 분류될 수 있다.

<표 3-1> 배출자에 의한 재활용 사례

사례	재활용 방법
가정의 1차발효	· 아파트 지역을 중심으로 가정용 발효 용기와 미생물 발효제를 이용 퇴비화 · 음식물쓰레기 배출량 감소 및 처리비용 저감효과 · 미생물발효제 사용미숙으로 수분과 염분의 불완전 제거 · 과일 및 무, 감자 등의 채소가 원형 그대로 배출 · 가정에서의 1차발효 만으로 안정된 퇴비 생산의 어려움, 후숙장 필요 · 생산된 퇴비의 자체 소비에 한계로 농장·공원 등 새로운 퇴비 소비처 필요 · 병 뚜껑, 비닐, 이쑤시개 등 이물질의 혼합 배출
자연 건조	· 가정에서 음식물쓰레기를 자연건조 후 보조퇴비로 활용하는 방법 · 악취의 발생과 노력에 비하여 감량효과가 적음
고속 발효기	· 고속발효기를 이용한 감량 후 퇴비화 · 안정된 퇴비의 생산을 위해서는 별도의 후숙과정 필요 · 시설운영경비 증가 및 유지비의 과다 지출과 기계의 빈번한 고장
가축을 이용한 사료화	· 정신요양원 또는 음식점과 같이 음식물쓰레기의 배출량이 많으나 음식물쓰레기의 발생량 저감을 위한 노력이 어려운 경우 자체내에 돼지, 닭, 오리 등의 사육장을 만들어 잔반을 가축의 먹이로 공급. · 사료비용 절감 및 음식물쓰레기 처리비용 절약 · 가축의 사육을 위한 공간 필요

자료 : 환경부, 음식물쓰레기 관리정책 및 기술동향과 감량화·자원화 실천 사례, 1997.2

3.1.1.2 지방정부에 의한 재활용

인천시를 비롯한 많은 자치단체에서는 음식물쓰레기의 재활용을 위한 다양한 방법을 시도하고 있다. 국내에서 시도되고 있는 음식물쓰레기 재활용 방법은 퇴비화와 사료화로 구분할 수 있다. 퇴비화 사례로는 인천시 남동구의 퇴비화와 사료화 겸용 시설, 서울시 난지도의 호기성 퇴비화 시설, 경기도 의왕시의 혐기성 퇴비화 시설, 경기도 여주의 지렁이를 이용한 퇴비화 시설이 있다. 사료화는 인천시 연수구와 서울시 노원구 그리고 서울시 도봉구의 습식사료화, 광주시 광산구의 건식사료화 사례가 있다. 이들 사례들의 재활용 방법을 <표 3-2, 3-3>에 정리했다.

<표 3-2> 지방정부에 의한 퇴비화 사례

사례	재활용 방법
인천시 남동구	· 퇴비화와 사료화 겸용시설로 시범설치 운영 · 재활용선별장에 퇴비 8톤/일(사료 5톤/일)규모의 시설로 운영 중이고 추가로 60톤/일 규모의 시설을 설치할 계획 · 현재는 자치구에서 시설의 설치 및 운영에 소요되는 비용을 부담하고 있으나 앞으로는 시민에게 부담시킬 계획 · 자치구의 음식물쓰레기 전용운반차량으로 운반하고 시설의 건설 및 운영은 민간업체에 위탁 · 생산된 퇴비 또는 사료는 소비자에게 판매하거나 퇴비의 생산에 필요한 부재료와 교환하고 있으나 부재료 확보에 어려움 · 생산된 퇴비 또는 사료의 사용처 확보 시급 · 사료화의 경우 조단백질과 조지방 등 영향의 불균형 문제
서울시 난지도	· 기계식 퇴비화 시설로 벨트컨베어, 드럼식 1차 발효기, 체선별 장치, 자력선별, 2차 발효장 등 다양한 시설로 구성 · 국내 최초의 건물형 시설로 부지는 서울시에서 제공 · 투입된 음식물쓰레기가 퇴비로 생산되기까지는 약 2개월 소요 · 한국형 퇴비화 시설의 정립을 목적으로 한 실험성격이 강한 시설
경남 통영시	· 20톤/일 규모의 시설로 음식물쓰레기를 저장호퍼에 일시 저장 후 파쇄 · 파쇄 후 건조발효기에서 일정수분까지 건조·발효하여 선별기를 통하여 이물질을 제거한 후 퇴비호퍼에서 1~2개월간 숙성 · 숙성된 퇴비는 포장되어 인근 농장 및 유기농조합에 판매 · 생산된 퇴비량은 투입물량 기준 35~50%
경기도 의왕시	· 15톤/일 규모의 혐기성퇴비화 시설 · 유용한 메탄가스를 발생하고 생산되는 부산물의 양이 적음 · 탈수시 다량의 폐수 발생 · 반응조내의 조건을 일정하게 유지관리하기 위한 전문 운전원 필요
경기도 여주	· 10톤/일의 음식물을 1단계 부숙 후 부숙부산물을 지렁이 먹이로 공급 · 지렁이는 혈전치료제의 제약용과 화장품원료 및 낚시미끼용으로 이용 · 분변토는 양질의 유기질비료로 무공해 농산물 사용에 이용 또는 일부 정화시설의 탈수제로 이용하고 그 수요처는 늘어날 전망 · 지렁이 퇴비화 과정에서 발생되는 심한 악취로 대도시지역에서의 입지선정에 어려움이 있을 것으로 판단

자료 : 인천광역시, 음식물쓰레기 자원화 시설 가동결과 보고, 1998.9
환경부, 음식물쓰레기 관리정책 및 기술동향과 감량화·자원화 실천 사례, 1997.2
유기영, 음식물쓰레기 감량 및 자원화 방안, 서울시정개발연구원, 1997

<표 3-3> 지방정부에 의한 사료화 사례

사례	재활용 방법
인천시 연수구	· 아파트 지역 2,700세대의 음식물쓰레기를 별도 수거하여 강화군의 축산농가에서 사료로 이용 · 자치구에서 분리배출을 위한 가정용용기와 120ℓ의 중간수집용기 제공 · 아파트세대 당 1,000원의 수거 및 운반 비용 부담 · 현재는 시범실시 단계로 축산농가에서 음식물쓰레기를 운반, 사료로 이용하고 있으나 음식물쓰레기의 배출량이 많을 경우, 전량 사료화에는 한계 · 수거·운반비용의 산출 근거와 징수를 위한 조례 제정 필요
서울시 도봉구	· 1997년 7월부터 재활용집하장에 30톤/일 규모의 습식사료화 시설 설치운영 · 아파트 지역 31,632세대를 대상으로 1가구당 월 1,000원의 처리비용 부담 · 구청은 사료화 시설의 설치를 위한 부지제공 및 가건물 설치와 수거 담당 · 민간업자는 사료화 기기설비 및 가동, 사료생산과 축산농가에 보급 · 이물질 제거→ 분쇄→ 부재료 혼합→발효제 혼합→사료생산 과정으로 구성 · 주민, 구청, 축산농가는 음식물쓰레기의 처리비용 및 사료비용의 절감효과로 참여가구수를 확대할 계획 · 이물질의 혼합, 음식물의 변질, 가축의 성장 저하, 처리비용 부담 등 문제 · 생활폐기물 광역 처리방안으로 도봉구는 음식물쓰레기, 노원구는 가연성쓰레기, 강북구는 재활용품 처리시설로 역할을 분담하여 처리 효율 증대 및 폐기물 처리시설 건설에 따른 재정적, 행정적 부담을 저감 계획을 추진 중
서울시 노원구	· 백화점, 급식학교의 음식물쓰레기를 구청차량을 이용하여 경기도 파주시의 두륜농장에 공급 · 두륜공장에서는 음식물쓰레기를 발효시킨 후 소맥분, 빵가루, 옥수수 가루 등과 배합하여 돼지사료로 제공 · 침출수로 인한 2차오염의 방지와 양질의 돼지를 생산하여 백화점을 통해 판매함으로써 자원 재순환 체계 구축 · 수요처의 원거리로 인한 운반시간의 과다로 근거리 수요처 확보 필요 · 수분제거 및 이물질제거조에 대한 협조 요청
광주시 광산구	· 10톤/일 규모의 건식사료화 시설로 건식사료 3톤/일 생산(1995. 7 건설) · 국비, 시비, 민자로 총 7억원의 사업비를 투자하여 시유지 660㎡에 건설 · 200톤/일 규모의 진공발효 건조사료화 시설을 추가로 건설 중에 있어 30톤/일의 건식사료를 생산할 예정 · 건식사료화는 높은 초기 시설투자비와 운영비용이 소요되나 위생적인 측면과 수거·운반의 용이함으로 여러 지역에서 시범 운영 중

자료 : 이영철, "인천연수지역 사료화 운동", 남은 음식 사료화 운동 활성화를 위한 지역 워크샵 자료집, 1998.11
환경부, 음식물쓰레기 관리정책 및 기술동향과 감량화·자원화 실천 사례, 1997.2
서울시 도봉구, 음식물찌꺼기 축산 사료화 현황, 1998.3
삼능건설주식회사, 사료화 시설 현황, 1998.3

3.1.2 재활용 방법별 비교

3.1.2.1 재활용 방법별 장·단점 비교

(1) 퇴비화 방법

퇴비화는 미생물을 이용하여 유기성 물질을 분해 안정화하여 퇴비를 생산하는 과정이다. 퇴비화 과정에 이용되는 미생물의 종류에 따라서 호기성 퇴비화와 혐기성 퇴비화로 구분되고 이 외에 지렁이를 이용한 퇴비화 방법이 있다. 퇴비화 방법별 장·단점을 비교하면 <표 3-4>와 같다.

국내의 퇴비화 시설은 주로 민간부문에서 운영하고 있으며, 큰 규모의 경우 30톤/일 정도이다. 난지하수처리시설에 건설된 한국자원재생공사의 10톤/일 규모의 퇴비화시설은 한국형 기계식 퇴비화 방법의 정립을 목적으로 한 시험시설의 성격이 강하다.

혐기성 퇴비화 방식은 일명 혐기성 소화라고도 하며 국내에서는 경기도 의왕시에 15톤/일 규모의 시설이 설치 운영 중에 있고 충남 공주시에 400kg/일의 소화조가 운영되고 있다. 200kg/일 용량의 혐기성 소화조는 300가구의 음식물쓰레기를 처리할 수 있으나 혐기성 퇴비화 방식에 의한 처리의 역사는 길지 않아서 경기도 의왕시의 운영결과가 이 방법의 확대에 많은 영향을 미칠 것으로 판단된다.

(2) 사료화 방법

음식물쓰레기의 사료화는 음식물에 포함된 이물질을 단순분리하여 먹이로 공급하는 단순분리사료화와 음식물을 가온·멸균 후 급여하는 습식사료화 그리고 음식물을 고온 건조하는 건식사료화로 구분된다.

인천시는 강화군의 진들농장에서 습식사료화 방식으로 25톤/일의 시설이 운영 중에 있는 것을 포함하여 강화군에 위치한 축산농가를 중심으로 습식사료화가 진행되고 있다. 1997년 사료화에 의한 음식물쓰레기 처리량은 33.4톤으로 아직은 일부지역에 국한되어 시범적으로 진행되는 단계이다. 음식물을 제외한 다른 원료에 의한 사료화는 오래 역사를 가진 기술로 기존의 기

술이 음식물쓰레기의 사료화에 그대로 적용될 수 있다면 기술적인 측면에서는 큰 문제는 없을 것으로 판단된다. 그러나 국내의 사료화 기기들은 역사가 길지 않아 시설적인 측면에서 안전성이 검증되지는 않았다.

<표 3-4> 퇴비화 방법별 장·단점 비교

구분	원리	장점	단점
호기성 퇴비화	· 호기성 미생물을 이용한 퇴비화 과정으로 지속적인 공기공급 필요. · 공정은 선별시설, 혼합 및 발효시설, 불순물제거시설, 숙성시설, 악취제거시설로 구성.	· 퇴비화에 소요되는 시간이 짧음. · 운전이 비교적 쉬움	· 에너지 소비가 많음. · 부산물로 생산되는 퇴비의 양이 많음. · 냄새의 제어가 어려움.
혐기성 퇴비화	· 별도의 공기를 주입하지 않고 밀폐된 공간에서 음식물을 장기간 체류시킴으로서 음식물을 90%이상 분해시켜 부산물로 퇴비와 CH_4가스 생산, 혐기성 소화라고도 함.	· 감량정도가 호기성 퇴비화보다 큼. · 유용한 메탄가스를 회수할 수 있음.	· 분해속도가 느림. · 폐수의 다량 발생 · 운전조건이 까다로워 전문 운전요원 필요.
지렁이 퇴비화	· 음식물쓰레기를 발효시켜 지렁이 먹이로 제공함으로써 지렁이는 약품의 원료로 사용하고 지렁이의 분변토는 고품격의 퇴비로 이용한다. 강화군, 옹진군 등 농촌 지역에 적합한 방법.	· 약품의 원료인 지렁이를 생산. · 고품격의 퇴비 생산 · 다른 퇴비화 시설과 비교하여 초기 시설 투자비가 적음.	· 악취의 발생 등 대도시 지역에 적용하는데는 한계

<표 3-5> 사료화 방법별 장·단점 비교

구분	원리	장점	단점
단순 분리 사료화	· 음식물내에 포함되어 있는 이물질을 제거 후 급여 하는 방법.	· 생산원가가 저렴.	· 영양가의 부족. · 음식물의 변질우려. · 신속한 수거·운반 필요
습식 사료화	· 발생원에서 신속하게 가축사육장으로 수거·운반하여 음식물 쓰레기의 이물질 제거→분쇄→가온멸균→발효→습식상태에서 급여하는 방법 .	· 생산원가가 저렴.	· 영양가가 부족. · 이물질 선별과 수거·운반 과정에서 변질 우려.
건식 사료화	· 고온건조 가루사료로 제조하여 단미사료로 활용하는 방법. · 음식물쓰레기를 고속 열풍 및 스팀에 의해 건조시켜 사료화하는 방법.	· 건조에 의해 수분함량을 10% 이내로 줄임으로써 중량과 부피 감소. · 수거·운반이 편리. · 병원균이 사멸. · 보관연장 및 상품화 가능.	· 생산원가가 높음. · 영양소가 불균형 · 전처리와 건조과정에서 냄새 발생.

3.1.2.2 입지조건 비교

음식물쓰레기 재활용 시설이 도시지역에 입지하기 위해서는 악취, 폐수, 시설공간 등 여러 가지의 제한 요인이 있다. 재활용시설에서의 악취의 발생은 음식물쓰레기의 전처리 과정과 반응과정에서 발생한다. 악취물질의 포집은 시설공간이 작고 밀폐된 공정일수록 용이하다. 폐수는 원료의 세척과정이나 탈수과정에서 발생하는 것으로 악취의 원인이 되고 수질오염을 일으키므로 폐수의 발생이 많을 경우 반드시 폐수처리시설이 필요하다. 폐수처리 문제를 해결하기 위하여 하수처리시설과 연계하여 시설을 건설하는 것도 한 방법이다. 도시지역에서의 재활용 시설의 설치를 위한 작은 시설공간은 시설설치의 용이성과 효율성에 관계되고 악취의 제거를 용이하게 한다.

재활용 방법별로 입지조건을 비교하면 퇴비화시설의 경우 음식물쓰레기의

분해과정에서 다량의 기체가 발생하고 불완전한 반응이 일어날 경우 악취가 발생한다. 폐수의 발생은 원만한 반응이 일어날 경우 비교적 소량으로 발생한다. 난지하수처리사업소에 설치된 퇴비화시설의 시설면적은 1,541㎡으로 하수처리장내에 설치되어 있어 폐수처리를 연계하기에 용이하다.

혐기성 퇴비화는 전처리과정에서 발생하는 악취를 제외하면 밀폐된 공간에서 분해가 진행되므로 악취의 발생은 적으나 탈수시 폐수가 다량 배출한다. 따라서 하수처리장내에 입지 하지 않을 경우 큰 용량의 생물학적 폐수처리시설을 설치하거나 별도의 차량을 이용하여 폐수를 이송하여야 한다. 의왕시 혐기성 퇴비화 시설은 1,000㎡의 그린벨트 지역에 설치되어 있다.

사료화시설은 전처리과정과 음식물의 건조과정에서 악취가 발생하나 발효과정에서는 냄새가 적다. 사료화 과정에서 발생되는 수증기를 포집할 경우에는 다량의 폐수가 발생하여 광주시에 설치된 10톤/일 규모의 건식사료화 시설의 경우 하수처리장 주변의 660㎡의 부지에 건설되었다.

3.1.2.3 처리비용 비교

음식물쓰레기의 재활용에 소요되는 비용은 재활용 방법, 재활용 시설의 규모, 시설의 가동율 등에 따라서 달리질 수 있기 때문에 일률적인 비교에는 한계가 있다. 그러나 대략적인 처리비용의 비교를 위하여 현재 국내에서 가동 중에 있는 재활용 시설을 재활용 방법별로 소요비용을 정리하면 <표 3-6>과 같다.

소요비용의 산정은 비용편익분석의 순현재가치를 기준으로 시설의 사용기간 10년, 할인율 5%, 가동율 90%를 기준으로 하였다. 음식물쓰레기 재활용 시설에 소요되는 비용은 부지비용, 시설건설비용, 시설운영비용으로 구분하였다. 실제로 시설의 건설과정에서 부지매입비용의 지출은 없었어도 공시지가를 기준으로 한 부지매입비를 합산하였고 그 지역의 부지비용을 파악하기 어려운 경우에는 인접한 지역의 토지이용도를 고려하여 소요비용을 산정하였다.

부지비용, 시설건설비용, 총 운영비를 고려한 소요비용은 건식사료화가 93,729원/톤으로 가장 많고 습식사료화가 25,993원/톤으로 가장 적게 나타났다. 그러나 퇴비화나 습식사료화는 대부분의 경우 부산물을 무료로 제공하는 반면, 건식사료화에 의해 생산된 사료는 톤당 45,900원에 판매되고 있어 부산물의 판매금액을 제외한 건식사료화의 처리비용은 79,683원으로 낮아진다. 음식물쓰레기의 재활용 시설은 규모의 경제에 의하여 시설 용량이 커질수록 톤당 소요비용은 낮아질 것으로 예상된다.

<표 3-6> 재활용방법별 처리비용 비교

재활용 방법		호기성퇴비화	혐기성퇴비화	건식사료화	습식사료화
설치장소		난지하수처리장	경기도 의왕시	광주시분뇨처리장	도봉구
시설 용량(톤/일)		20	15	10	20
고정비용 (백만원)	부지 비용	76.13	7.87	12.00	92.40
	시설건설비	1,582	2,260	700	176
운영비 (백만원)	총 운영비	2,282	1,331	3,065	1,864
	현재가치 환산	1,762	1,027	2,367	1,439
처리비용(원/톤)		52,063	66,890	93,729(79,683*)	25,993
부산물		무료 배포	무료 배포	사료 1톤 : 45,900원 판매 사료 : 음식물= 0.306톤 : 1톤	무료 공급

주 : *는 사료판매 대금을 고려한 처리비용

자료 : 김광임 · 최상기, 음식물쓰레기 처리방법별 기술 및 비용·편익분석 연구, 한국환경정책 · 평가연구원, 1997.12
김민수, 음식물찌꺼기 사료화 시설의 수거 및 처리현황, 1998.2

3.1.2.4 부산물의 안정성 비교

아직까지는 음식물쓰레기를 이용한 퇴비나 사료의 품질기준이 정해져 있

지 않다. 따라서 음식물쓰레기에 의해서 생산된 퇴비와 수요처가 가장 유사한 부산물비료의 품질기준과 현재 시판되고 있는 양돈사료의 기준을 살펴보면 <표 3-7, 3-8>과 같다.

일반적으로 음식물쓰레기를 이용한 퇴비에서 가장 문제가 되는 것은 염분농도로 부산물 비료의 품질기준에는 염분에 대한 기준은 없다. 그러나 일반 작물의 생육 위해농도를 0.6%로 판단하고 있어 음식물쓰레기를 이용하여 생산한 퇴비도 0.6%의 염분 농도를 만족하여야 할 것으로 판단된다.

<표 3-7> 부산물 비료의 품질 기준

구분	측정항목	기준치	비고
필수항목	유기물 함량	25%이하	
	C/N비	50이하	
	비소(As)	50ppm이하	
	카드늄(Cd)	5ppm이하	
	수은(Hg)	2ppm이하	
	납(Pb)	150ppm이하	
	구리(Cu)	500ppm이하	
	크롬(Cr)	300ppm이하	
보조항목	인산	0.8%이상	
	질소(N)	1.2	
	칼륨	0.3~0.5%	
	pH	6.0~7.5	
	전기전도도	없음	
	염분(NaCl)	없음	일반생물 생육 위해농도 : 0.6%

자료 : 비료공업협회, 비료연감, 1997

난지도 퇴비화 시험시설에서 생산된 퇴비의 경우 Na를 기준으로 0.5~0.7%로 분석[8]되어 염분의 농도가 비교적 높게 나타났다. 인천시 남동구에서 시

8) 신항식, 퇴비제품의 안정성 및 효율성 평가, 한국자원재생공사, 1996

범운영 중인 퇴비화 시설은 초기 음식물의 염분 농도는 0.7%이상이었으나 전처리 과정으로 가열 탈수과정을 거치면서 0.1~0.4%로 감소하였고 미생물에 의한 발효과정에서 침출수에 염분이 씻겨 나옴으로써 최종 산물인 퇴비의 염분농도는 0.31%로 기준치보다 낮게 나타났다[9]. 반면, 침출수의 염분농도는 6.1%까지 높아지는 것으로 나타나 퇴비의 염분 농도는 전처리와 퇴비화 과정에서 상당 부분 낮출 수 있다고 보고하고 있다. 의왕시의 혐기성 퇴비화 시설에서 생산된 퇴비의 염분함량도 0.21%[10]로 탈수과정에서 염분함량이 낮아진 것으로 판단된다.

음식물쓰레기를 사료화할 경우에도 염분 농도는 문제가 된다. 진들공장에서 음식물쓰레기를 이용한 건조사료를 닭에게 공급한 결과, 탈모현상이 있은 반면, 도봉구청에서 사업화하고 있는 오리사료화에서는 아직 문제가 없는 것으로 나타나고 있다[11]. 인천시 남동구의 사료화 시설에서는 초기 음식물의 염분 농도는 0.7%였으나 사료의 염분의 농도는 0.17%로 돼지 배합사료 기준 0.5%를 만족하는 것으로 나타났다[12]. 이 역시 침출수의 발생으로 염분농도가 낮아진 것으로 여겨진다.

음식물쓰레기를 이용한 사료를 가축에게 제공할 경우 또 다른 문제는 영향의 불균형이다. 음식물쓰레기의 70%이상은 채소류로 조단백질과 조지방의 함유율이 낮아 사료의 원료로 이용하기 위해서는 부재료가 필요하고 발효사료로 생산된 것 또한 조단백질과 조지방의 함유율이 높지 않은 것으로 나타났다[13]. 따라서 다량의 부재료가 필요하고 음식물쓰레기를 원료로 한 사료만을 가축에게 공급할 경우 성장의 지연이 우려된다. 또한 육성돈의 경우 출하 직전에는 일반사료를 공급하는데 이는 고기에서 약간의 냄새가 나기 때문이라고 한다.

음식물을 이용한 퇴비화든 사료화든 염분의 농도가 문제가 되는 만큼 염

9) 인천광역시 남동구, 음식물쓰레기 자원화 시설의 가동결과 보고, 1998, p.50
10) 한라중공업주식회사, 음식물쓰레기 처리설비, 1998
11) 유기영, 음식물쓰레기 감량 및 자원화 방안, 서울시정개발연구원, 1997, p.111
12) 인천광역시 남동구, 음식물쓰레기 자원화 시설 가동결과 보고, 1998, p.51
13) 인천광역시 남동구, 음식물쓰레기 자원화 시설 가동결과 보고, 1998, p.51~52

분의 농도를 낮추고 염분의 영향이 비교적 적은 초지, 공원, 녹지 등에 퇴비를 사용하는 방안을 연구하여야 한다. 또한 사료화의 경우 성장지연과 영양의 불균형을 해소하기 위한 옥수수 가루, 톱밥, 쌀겨 등 다양한 부재료와 가축의 사육방법이 개발되어야 한다[14].

<표 3-8> 양돈용 사료의 시판기준

구분	측정항목	기준치
구성분	수분	10%이하
	조단백질	15이상
	조지방	25이상
	조섬유	5.5이상
	조회분	8.0이상
	칼슘	0.6이상
	인	0.4이상
유해사료 판단기준	비소(As)	15ppm이하
	불소(F)	200ppm이하
	납(Pb)	10ppm이하
	카드늄(Cd)	1ppm이하
	수은(Hg)	0.4ppm이하
	크롬(Cr)	100ppm이하
기타	염분(NaCl)	0.5%이하

자료 : 김남천, 음식물찌꺼기의 가축사료화 방안, 1998.2

3.1.3 국내 사례의 시사점

배출원에서의 자가처리에 의하여 음식물쓰레기를 감량 또는 재활용하는

14) 김동환, 남은 음식물 양돈사례연구, 남은 음식물 사료화운동 활성화를 위한 지역활동가 워크샵 자료집, 1998.11, p.73~85

경우 음식물쓰레기의 배출량 감소와 처리비용을 감소시킬 수 있다는 장점이 있다. 그러나 안전한 퇴비 생산의 어려움과 이물질의 혼합으로 부산물의 질 저하가 우려된다. 또한 생산된 퇴비를 초기에는 자체소비가 가능하나 장기적으로는 새로운 사용처의 확보가 요구된다는 단점이 있다. 주위 여건상 가축의 사육이 가능한 지역에서는 돼지, 닭, 오리 등을 직접 사육하여 음식물쓰레기를 사료로 이용하고 있으나 도시화 지역에서의 적용에는 어려움이 있을 것으로 판단된다. 배출원 처리시설을 설치·사용하는 경우에도 음식물쓰레기 처리비용 절약과 배출량을 감소시킬 수 있으나 시설운영경비 증가 및 유지비의 과다 지출과 시설의 빈번한 고장으로 어려움을 겪고 있다.

지방정부에 의해 음식물쓰레기를 재활용하는 경우 대부분 민간업자와의 역할분담을 통해 재활용 사업을 추진하고 있다. 자치단체는 음식물쓰레기의 수거·운반 또는 시설의 설치를 위한 부지를 제공하거나 시설의 건설과 운영에 소요되는 비용을 보조하고 민간업자는 음식물쓰레기 재활용 시설을 건설하여 운영하는 형태의 역할분담이 가장 일반적인 형태이다. 이때에 음식물쓰레기 배출자도 수거·운반에 소요되는 일정부분의 비용을 부담하고 있다.

민간업자를 활용한 재활용시설이나 시나 자치단체에서 주도하는 대부분의 재활용 시설은 시설의 입지와 시설의 구성 측면에서 공통점을 가지고 있다. 시설의 입지가 매립지, 그린벨트, 농경지, 하수처리장 등 인가에서 멀리 떨어진 장소에 위치하고 있으며 재활용 시설의 규모가 20톤 이내로 크지 않다. 또한 모든 시설이 이물질의 분리에 대처할 수 있는 선별장치를 장착하고 있어 부산물의 이물질 혼합이 큰 문제로 판단되며, 생산된 퇴비의 소비처 확보에 어려움을 겪고 있다. 음식물쓰레기를 사료로 이용할 경우는 음식물의 변질, 가축의 성장 저하 등이 문제점으로 대두되고 있다.

음식물쓰레기 재활용방법은 퇴비화와 사료화로 구분되고 각각의 방법은 장·단점을 가지고 있어 지역여건, 배출원과 수요처와의 거리, 부산물의 안정성을 고려하여 선택되어야 한다. 또한 재활용 시설의 공통적인 입지조건은 시설의 입지가 도시지역이므로 시설의 건설을 위한 소요면적과 악취제어, 폐

수처리 등의 용이성이 고려되어야 한다.

국내에서 적용되고 있는 재활용시설의 처리비용을 부지비용, 시설건설비용, 총 운영비를 고려하여 산정한 결과, 호기성퇴비화 52,063원/톤, 혐기성퇴비화 66,890원/톤, 건식사료화 79,683원/톤, 습식사료화 25,993원/톤으로 조사되었다. 그러나 음식물쓰레기의 재활용에 소요되는 비용은 재활용 방법, 재활용 시설의 규모, 시설의 가동율 등에 따라서 달라질 수 있기 때문에 일률적인 비교는 한계가 있다. 또한 규모의 경제에 의하여 시설 용량이 커질수록 톤당 소요비용은 낮아질 것으로 예상된다.

부산물의 안정성에 대해서는 아직 논란의 여지가 많다. 부산물의 문제점을 요약하면 불안정한 퇴비의 생산, 영양의 불균형, 부산물의 염분 농도, 안정성을 평가할 수 있는 기준의 미비로 정리될 수 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위한 충분한 후숙과정과 영양의 불균형을 보완하기 위한 부재료와 염분 농도를 저하시킬 수 있는 공정의 개발 그리고 음식물쓰레기를 이용한 퇴비 또는 사료의 기준 제정이 시급하다.

3.2 외국 사례 분석

3.2.1 재활용 사례[15)]

외국에서 시행되고 있는 유기성폐기물의 처리방식은 사회경제적인 여건의 변화에 따라서 계속적으로 변화하여 왔다. 최근에는 환경부담의 저감과 소각에 의한 대기오염 그리고 유기성폐기물의 높은 배출비율로 유기성폐기물의 재활용에 대한 요구가 증대되고 있다. 따라서 외국사례분석을 통하여 생활폐기물 처리방법 및 관련 정책의 변화, 지역여건을 고려한 재활용 방식의 변화, 수거 및 재활용 방법의 변화, 부산물의 용도 등 인천시의 합리적인 재활용 방안의 수립을 위한 외국의 유기성폐기물 재활용 경향과 시사점을 파악하고자 한다.

---

15) 1997년 11월 발간된 월간폐기물과 서울시정개발연구원에서 발간한 음식물쓰레기 감량 및 자원화 방안의 외국사례 부분을 재정리.

외국의 주요국가에서 이루어지고 있는 유기성폐기물의 재활용은 퇴비화, 와 사료화로 분류할 수 있다. 각 국가의 자원화실태는 지역적인 특성과 발생원에 따라 다르며, 국가적·사회적인 배경도 자원화방법이나 추세에 영향을 미치고 있다. 외국의 재활용 사례를 재활용 방법과 지역으로 구분하여 정리하면 <표 3-9>와 <표 3-10>과 같다.

<표 3-9> 외국의 퇴비화 사례

사례	재활용 방법
일본	· 생활폐기물의 3.5%가 퇴비화 또는 사료화(1993년 기준) · 1993년 기준 32개의 퇴비화시설 가동, 총 시설용량 600톤/일 · 농촌과 접하고 있는 소도시 위주의 퇴비화로 퇴비화에 소극적 자세 · 혼합쓰레기를 수거하여 선별한 후 퇴비화하는 동경도의 50톤/일 용량의 시설을 제외하면 대부분의 시설은 20톤 이하의 작은 규모
미국	· 주로 정원폐기물를 대상으로 퇴비화, 음식물쓰레기의 재활용율은 3.5% · 분산식과 집중식을 병행하여 퇴비화 시설 건설, 로스엔젤레스는 집중처리시설의 대표사례이고, 샌프란시스코는 가정단위 퇴비화사업에 치중 · 집중처리시설은 1995년에 3,316개소에 이르고 특히 Great lakes에는 전국 시설수의 33% 집중 · 음식물쓰레기를 별도로 분리하여 퇴비화 하는 주는 11개 주이며, 연간처리량 62만톤
독일	· 생활폐기물 중 음식물쓰레기의 점유율 30% · 평균 규모 34.5톤/일의 퇴비화 시설 운영 · 380개의 호기성 퇴비화공장과 28개의 생물가스생산시설을 운영, 총용량은 510만톤/년 · 1984년 제정된 "폐기물 발생방지 및 처리법"으로 유기성폐기물의 자원화 촉진, 유기성폐기물 자원화에 관한 주요규정은 ① 분리수거의 의무화, ② 매립지에 반입된 폐기물의 유해성물질함유율을 10% 미만으로 유지, ③ 호기성 또는 혐기성 처리, ④ 퇴비화시설 설치시 퇴비판매시장의 확보 등 · 분산식과 집중식으로 구성되는데, 도심지역에서는 집중식을 선호하고 주거밀도가 낮은 도시외곽지역에서는 분산식을 선호

<표 3-9> 계속

사례	재활용 방법
네덜란드	· 정주인구의 93%가 음식물쓰레기 분리수거에 참여 · 도시폐기물의 30~40%인 157만5천톤을 퇴비화, 생산된 퇴비의 90%인 약 50만톤 판매 · 공장들의 평균용량은 165톤/일 · 1994년 기준 정원폐기물 및 음식물쓰레기의 30% 퇴비화 · 최근에는 악취발생을 제어하는 밀폐형시스템을 개발하여 정착단계
벨기에	· 총 퇴비화 용량은 1,178톤/일으로 전체인구의 35%인 360만명이 참여 · 음식물과 정원폐기물를 대상으로 7개의 퇴비화시설 추가 가동 예정 · 퇴비화 서비스를 받는 주민은 계속 증가할 전망
스페인	· 1990년 기준 생활폐기물의 20% 퇴비화로 유럽지역에서 가장 높은 퇴비화율 · 혼합폐기물을 대상으로 7개의 자치지역에 45개의 퇴비화시설 운영 중 · 가정폐기물중 유기물함량 50%로 북유럽의 20~25%보다 매우 높아 퇴비화율이 높은 것으로 판단. · 주로 스페인 동부의 농업지역에서 퇴비화가 많이 이용 · 지속적으로 퇴비의 수요처를 확충 중
프랑스	· 1993년에 생활폐기물의 약 10%가 퇴비화 · 총 용량이 약 100만톤으로 70개정도의 야적식 공장이 도시폐기물 퇴비화용으로 가동, 현재는 30개의 퇴비화공장만이 야적식으로 운전 · 1991년부터 20톤/일 규모의 혼합된 가정폐기물의 처리를 위한 지렁이 퇴비화 시설 운영 · 지렁이의 소화과정이 퇴비의 숙성과 안정화에 도움
영국	· 정부가 주도하여 유해성폐기물을 퇴비화하는 사례는 매우 드뭄 · 주로 가정단위에서 가정계 생활폐기물의 2%인 1,096/일을 퇴비화 · 정부는 1990년에 5% 수준이던 가정폐기물의 퇴비화율을 2000년까지 25%로 향상시킬 계획 · 영국정부의 목표는 ① 2000년까지 정원을 가진 토지소유자중 40%에 가정퇴비화 유도, ② 2000년까지 연간 100만톤의 유기성 및 가정폐기물 퇴비화(1990년의 가정폐기물량은 연간 2천만톤), ③ 향후 10년안에 토양개량제 및 원예모종토로 토단비료의 40%를 유해성폐기물 퇴비화 제품으로 대치 등으로 구성
중국	· 농촌지역의 농업부산물, 인분, 축분, 음식물쓰레기의 처리를 위하여 주택용 혐기성소화조 설치 · 현재 농촌지역의 약 5백만 가구에 혐기성소화조 설치 · 60%의 메탄을 함유한 소화가스는 주로 취사와 광열에 이용 · 소화가스는 한 가족이 사용하는 전기량의 약 60%를 공급 · 반응조에서 나오는 슬러지는 주로 농업용 퇴비로 이용

<표 3-10> 외국의 사료화 사례

사례	재활용 방법
일본	· 대부분의 경우 배출자와 축산업자의 연계를 통한 사료화 · 대표적인 사례로 돼지 1,000두, 소 250두, 닭 4,000마리를 기르는 부사복시농장은 모든 사료를 인근의 식품제조회사의 유기성찌꺼기, 단체급식소의 잔반으로 충당 · 정부의 적극적인 홍보로 생산된 계란이나 육류는 다른 제품보다 비싸게 팔림.
중국	· 배출자와 축산농가의 연계를 통한 사료화 · 음식물쓰레기 및 농업부산물은 상업용 사료의 보충제로 이용
미국	· 연간 1,250만톤의 음식물쓰레기 중 560톤이 돼지 사료로 사용 · 돼지를 제외한 소, 닭 등에게 음식물쓰레기를 이용한 사료를 먹일 수 없도록 규정 · 사료화 대상 음식물쓰레기는 잔반이 71%, 제과 14%, 채소 및 과일 6% · 음식물찌꺼기가 사료로 재활용되는 이유는 수수료를 받으면서 사료비용을 줄일 수 있고, 돈분은 양질의 퇴비로 활용할 수 있기 때문 · 이전에는 주로 습식사료형태로 사료화가 이루어졌지만 최근에는 가공사료 즉, 분쇄, 탈수, 팰렛화 등의 절차를 거치는 방향으로 전환 · 연방돼지건강보호법에서는 돼지에게 먹일 모든 육류는 100℃에서 30분간 끓이도록 규정
노르웨이	· 전통적으로 물이나 사료가 매우 부족하고 사료의 가격이 높아 유기성폐기물의 사료화에 높은 관심 · 음식물쓰레기는 120℃에서 20분간 소독후 사료화 하도록 규정 · 30여개의 시설에서 호텔, 식당, 병원 등에서 수거된 음식물쓰레기를 가축의 사료로 이용
덴마크	· 1988년에 100kg/주 이상의 음식물쓰레기를 배출하는 대규모 음식업소에 대하여 음식물쓰레기를 동물의 먹이로 활용하도록 의무화 · 코펜하겐에서는 연간 2,000톤의 음식물쓰레기를 사료화 목적으로 수거

3.2.2 재활용 경향 분석 및 시사점

3.2.2.1 생활쓰레기 처리방법 및 관련 정책의 변화

1930년대에 유럽에서 퇴비화가 등장한 것은 경제사정이 어려워지면서 유기성폐기물의 재활용 필요성이 대두되었기 때문이다. 그러나 1960년대의 급속한 산업성장으로 인하여 플라스틱과 같은 난분해성 물질과 유독물질의 함량 증가는 퇴비화에 악영향을 끼침으로써 퇴비화는 침체기를 맞게 된다. 그

후 1930년대와 비슷한 1970년대의 경제위기는 또 다시 퇴비화에 대한 관심을 촉발시켰으나 당시의 처리방식은 혼합 폐기물에서 재이용 또는 재활용 가능 원료물질과 열회수를 위한 고체연료물질을 회수한 후, 유기성폐기물을 축출하여 퇴비화함으로써 퇴비화의 효율성이 저하되었다.

1980년 이후에 폐기물의 효율적 처리를 위하여 나타난 새로운 조류는 폐기물관리의 정책적 우선 순위가 기존의 단순소각 및 매립위주에서 감량, 재사용, 물질재활용, 에너지 회수 등으로 옮겨가는 것이었다. 즉, 기존처리방식에 따른 환경부하를 감소시키는 수단으로서 유기성폐기물을 재활용하는 것이다. 당시의 소각에 의한 다이옥신논쟁과 산성비 문제 그리고 30~40%에 이르는 유기성폐기물의 함량은 유기성폐기물의 퇴비화 필요성을 증대시킨 것이다.

퇴비화 대상 물질에 있어서도 변화가 일어났다. 1980년대까지 북미, 유럽지역의 퇴비화는 주로 잔디, 초목 등의 정원폐기물이었으나 1980년대 이후 음식물쓰레기 등 유기성폐기물에 대해서도 퇴비화가 확대되었다. 이는 재활용 목표율의 상승과 이를 쉽게 달성하고자 하는 의도로 생활폐기물의 재활용율을 35%이상으로 끌어올리기 위해서는 유기성폐기물의 재활용이 필수적이라는 평가가 이전부터 제기되었기 때문이다. 따라서 기존에 정원폐기물만을 대상으로 퇴비화를 실시하던 국가들도 그 이상의 목표달성을 위해서는 음식물쓰레기를 재활용 대상에서 제외할 수 없게 된 것이다.

그 결과, 가까운 일본도 1990년에 251톤/년에 불과하던 퇴비, 사료화에 의한 재활용량이 1993년에는 4,850톤/년으로 증가하였다. 영국은 이제까지 유기성폐기물의 재활용에 매우 소홀하다가 1995년부터 정부가 관여하여 퇴비화를 촉진하려는 움직임을 보이고 있으며, 구체적인 계획도 수립되었다. 독일은 정원폐기물 이외에도 유기성폐기물의 함량이 10%를 초과하는 폐기물에 대해서는 매립을 금지하고 있으며, 유럽연합은 퇴비에 대한 품질 기준을 마련 중에 있는데 이는 유럽지역의 퇴비화에 대한 관심도를 구체적으로 보여주는 예이다. 덴마크는 가정용 화석연료에 세금을 부과하고 매립 및 소각

폐기물에 예치금제도를 도입하고 주당 100kg이상의 음식물폐기물을 배출하는 업소는 사료화하도록 의무화함으로써 음식물쓰레기의 재활용을 촉진하고 있다.

우리나라는 전통적으로 음식물쓰레기의 함량이 높다. 특히 쓰레기 종량제 실시 이후 재활용품의 분리에 따른 음식물쓰레기의 상대적인 함량 증가와 사료원료의 자급률이 24% 수준임을 감안할 때 최근 외국의 유기성폐기물의 퇴비화 또는 사료화 증가 경향과 유기성폐기물의 재활용을 위한 각국 정부의 노력은 우리에게 시사하는 바가 크다. 음식물쓰레기의 재활용이 퇴비화와 사료화를 추진할 때 야기될 수 있는 많은 어려움에도 불구하고 꾸준히 증가하는 추세에 있는 것은 기존의 처리방식에 의한 환경부하를 저감하고 재활용율을 높이기 위한 노력의 결과이다. 결국, 음식물쓰레기의 재활용 정도는 정부가 어떠한 자세를 취하느냐에 따라서 달라질 수 있다.

따라서 배출원별 특성을 고려하여 각각의 배출원에 대한 재활용 목표를 설정하고 재활용 방법별 평가를 통해 재활용의 우선 순위를 결정하고 이를 위한 각종 계획을 수립하고 규제를 강화하는 역할을 정부가 담당하여야 한다.

3.2.2.2 지역특성을 고려한 재활용 방식과 규모의 선택

중국의 농촌지역에 혐기성소화시설이 정부의 주도로 설치된 것은 막대한 에너지 사용량의 절감, 농촌지역에 적합한 대체에너지의 발굴, 풍부한 설치공간, 다양한 유기성폐기물의 배출 등에 그 이유가 있다[16]. 일본의 퇴비화 방식은 주로 집중식이지만 배출자에게 스스로 처리하도록 유도하기 위하여 수거봉투를 유료화하는 지역도 많다. 동경도의 도시폐기물 퇴비화 시설은 동경도 내 농경지의 감소로 인한 수요처의 축소와 부재료 확보의 어려움으로 실패하였다. 그러나 농촌지역이나 농촌과 접한 소도시의 퇴비화 시설이 아직

16) Henderson, Paul J., "Anaerobic Digestion in Rural China", Biocycle, 1997.1, p.79

도 가동중인 것은 처리시설의 입지용이성, 풍부한 퇴비수요처, 양질의 퇴비 생산을 위한 첨가물의 용이한 확보 등 다양한 이점이 있기 때문이다. 캐나다, 미국, 독일 등도 집중식과 분산식을 병행하고 있다. 즉, 배출자가 원하거나 배출원의 특성상 자가퇴비화가 용이한 경우는 스스로 퇴비화 하도록 유도하고, 관련사항들을 지원하고 있다. 독일은 혼합 수거하여 퇴비화하는 방법을 가장 후진적인 방법으로 간주하고 시설의 입지가능성이라는 지역적인 특성을 고려하여 도심지역은 수거하여 처리하는 집중식으로, 도시외곽이나 농촌지역은 발생자가 직접 처리하는 분산식을 채택하고 있다.

국가적으로 음식물쓰레기의 재활용을 추진하는 우리나라도 도시지역의 집중식 음식물쓰레기 재활용 시설의 건설과 함께 감량의무사업장과 공동주택을 중심으로 한 배출원 자가처리시설의 보급, 지역특성을 고려하여 작은 규모의 재활용 시설 건설이 병행되어 추진되어야 할 것이다. 지역단위의 음식물쓰레기 재활용 계획을 수립할 때에는 배출원의 특성, 재활용시설의 입지, 퇴비의 수여처 등 지역적인 특성을 반드시 고려하여 재활용 방식을 결정하여야 한다.

3.2.2.3 수거방식 및 재활용 방법의 변화

퇴비의 원료가 되는 음식물쓰레기를 포함한 유기성폐기물의 수거방식은 퇴비의 질을 결정하는 중요한 요인이다. 퇴비질을 결정하는데는 퇴비질을 높이는 보조제의 혼입과 충분한 숙성과 같은 공정상의 노력도 중요하지만 그보다 음식물쓰레기에 이물질의 혼합이 적어야 한다. 일본에서는 이물질의 혼입을 억제하기 위하여 기명제, 규격통 사용 등 다양한 방법을 강구하고 있으나 이물질이 100% 배제되는 것은 아니다. 유럽지역에서 퇴비화가 성공하고 있는 이유는 유기성폐기물의 수거방식을 기존의 혼합수거에서 분리수거로 전환하고 이물질의 혼합을 최대한 억제하고 있기 때문이다.

또한 유기성폐기물의 처리방법에도 변화가 일어나고 있다. 1980년대 들어 유럽지역에서 나타나고 있는 유기성폐기물의 새로운 처리방법은 혐기성퇴비

화에 의한 유용한 가스의 생산이다. 대부분의 시설이 아직도 실험시설의 단계에 있지만 혐기성퇴비화 시설은 에너지원인 메탄가스 함유율이 높고 부산물은 퇴비로 이용할 수 있다는 점, 동일한 에너지원인 소각시설과 비교할 때 소규모로 설치가 가능하다는 점, 분산처리나 타 유기성 폐기물과의 혼합처리가 가능하다는 점과 호기성 퇴비화와 비교하여 부재료가 불필요하다는 장점이 있다. 중국의 농촌지역에서는 이미 1970년대부터 혐기성 소화방식이 유기성폐기물의 현장처리방법으로 도입되고 있으며, 500만 이상의 가구에 보급되고 있다는 점은 소규모 도시나 농촌지역에서 주시해야할 사례이다. 쓰레기 문제는 항상 집중처리를 하는데서 비롯되므로 부패성이 강한 음식물쓰레기를 현장처리가 가능한 혐기성소화조의 도입을 통해 분산처리하는 방법도 검토할 필요가 있다. 한편 퇴비화 방법에는 지렁이를 이용한 퇴비화가 있다. 외국에서 이 방법은 음식물쓰레기와 같이 수분함량이 높은 폐기물의 처리방법으로 개발되었다. 그러나 가정단위에서 지렁이 퇴비화 방법을 적용하기 위해서는 사용자가 깊은 관심과 기초지식을 갖지 않으면 활용이 어렵다고 평가하고 있는 듯하다. 지렁이를 이용한 퇴비화 방법을 대규모의 시설에 적용하는 것은 외국에서는 극히 제한적이다.

재활용 방법에 있어서 호기성 퇴비화 또는 더미식 퇴비화 방식에서 배출원 처리의 용이성, 유용한 가스의 획득을 고려하여 혐기성 퇴비화 방식에 대한 연구와 시설의 시범운영이 추진되는 만큼 우리나라도 유기성폐기물의 재활용을 위한 방법을 다변화하고 퇴비화와 더불어 사료화를 위한 음식물쓰레기의 종류 및 처리방법 등과 관련된 규정을 구체화할 필요가 있다.

3.2.2.4 부산물의 안정성과 수요처 확보 추세

우리나라에서 배출원처리시설로 이용되는 각종 퇴비화기기를 보면 1주일 이내에 퇴비화가 가능하고 심한 경우는 몇 시간이라고 주장하는 경우도 있다. 그러나 이러한 퇴비화 시설의 대부분은 음식물쓰레기의 분해를 통한 안정화보다는 단순 건조 또는 분해가 완료되지 않은 불완전한 퇴비를 생산하

고 있다. 기술이 발달하고 경험이 많은 세계의 어느 국가에서도 우리나라와 같은 짧은 시간에 퇴비화가 완료된다는 주장은 없을 뿐 아니라 유기성폐기물의 퇴비화가 완료되기 위해서는 길면 일년 짧으면 2~3개월이고 대부분 3~6개월 동안의 숙성과정을 거치고 있다. 짧은 반응시간을 거친 퇴비제품은 반드시 장기간의 후숙과정을 거쳐야 안전한 퇴비로 이용될 수 있다.

음식물쓰레기의 재활용을 통해 생산된 부산물의 용도는 매우 다양하여 일본에서는 음식물쓰레기로부터 생산된 퇴비를 주로 채소밭, 과수원, 가정 및 학교의 정원 등에 살포하고 미국에서의 주요 퇴비수요자는 도로관리국으로 도로변의 녹지에 다량의 퇴비를 살포하고 있다. 유럽지역 및 중국에서는 혐기성분해에 의하여 생산된 가스를 가정의 난방 및 연료로 이용하고 있으며, 중국의 경우 혐기성반응조의 부산물은 농업용 퇴비로 활용하고 있다. 비록 후발주자이지만 영국에서는 퇴비화를 촉진하기 위한 계획으로 향후 10년 이내에 유기질비료의 원료인 토단사용량의 40%를 유기성폐기물의 퇴비화 제품으로 충당한다는 계획은 가지고 있다. 독일에서는 퇴비시설의 설치시 부산물의 수급계획이 마련되지 못하면 시설설치허가를 제한하는 규정이 있는데 이는 보다 체계적인 계획을 수립하여 추진하라는 의미일 것이다.

Ⅳ. 음식물쓰레기 배출량 추정 및 재활용 방안

4.1 배출량 추정결과

4.1.1 배출원별 원단위 배출량

폐기물의 다양한 배출원별로 대표 배출량을 산정하는 것은 매우 어렵고도 방대한 작업이다. 가정폐기물을 대상으로 실측을 통한 폐기물의 배출원단위 조사는 폐기물 처리와 관련된 많은 연구에서 주거형태와 규모 또는 난방형태별 이루어졌으나 사업장일반폐기물의 배출원별 원단위 조사는 필요에 따라서 간헐적으로 이루어졌다. 전체 사업장일반폐기물을 대상으로 배출원별 배출원단위를 조사한 사례는 1994년 서울지역을 대상으로 "일반폐기물의 단계별 처리비용 및 환경미화원 적정 과업량" 연구에서 주거형태 및 사업장 종류별 배출량을 조사한 사례와 1997년 환경부에서 전국의 생활폐기물을 대상으로 배출원별 배출량을 분석한 "96전국폐기물 통계조사"가 있다. 본 연구에서는 음식물쓰레기의 배출원별 원단위 배출량 자료로 1997년 전국을 대상으로 조사가 이루어진 환경부 자료를 인용한다.

<표 4-1> 조사대상 배출원 분류체계

조사대상	구분	조사대상의 종류
주 택	주거형태	단독주택, 공동주택
	주거규모	9평이하, 19평이하, … 100평이상
소규모 사업장	공장	농림수산업, 광업, 제조업 등
	시장 · 상가	소매업, 도매업
	사무실	운수창고통신업, 금융업 등
	서비스업	숙박업, 교육서비스업 등
	음식업	음식점

자료 : 환경부, '96전국폐기물통계조사, 1997

"96전국폐기물 통계조사"보고서에서는 배출원별 원단위 배출량의 조사대상을 종량제 봉투에 버려지는 생활폐기물로 하였으며, 배출원을 가정은 주거형태로 구분하고 소규모 사업장(1일 300kg 이하 배출)은 공장, 시장·상가, 사무실, 서비스업, 음식업으로 구분하여 대표적인 배출량을 실측 조사하였다.

<표 4-2> 배출원별 원단위 배출량

구분	주택(인구수기준)			소규모사업장(종업원기준)				
	단독주택	아파트	연립·기타	공장	시장·상가	사무실	서비스업	음식업
생활폐기물 배출량 (kg/인·일)	0.292	0.297	0.317	1.062	1.934	0.565	0.705	2.287
생활폐기물 밀도 (kg/ℓ)	0.126	0.142	0.119	0.031	0.053	0.019	0.023	0.182
음식물류 (kg/인·일)	0.159	0.175	0.170	0.138	0.426	0.075	0.110	1.591

주 : 소규모 사업장은 종량제 적용 사업장(1일 300kg 이하 배출 사업장)
자료 : 환경부, '96전국폐기물통계조사, 1997

4.1.2 배출원수의 예측

배출원별 배출원수의 예측을 위하여 배출원을 가정과 소규모 사업장으로 구분한다. 가정은 다시 주거형태별로 단독주택, 아파트, 연립·기타로 나누고 소규모 사업장은 공장, 시장·상가, 사무실, 서비스업, 음식점업으로 나누어 배출원수를 예측한다. 주거형태별 배출원수는 1980년부터 1996년까지의 주거형태별 비율의 변화와 도시기본계획의 주택공급계획을 감안하여 2011년까지 주거형태별 비율을 결정하고 주거형태별 비율에 각 자치구의 2011년까지의 인구수를 곱하여 주거형태별 인구수를 추정한다. 각 자치구의 2011년까지의 인구수 변화와 주거형태별 비율 변화를 나타내면 <표 4-3>과 <그림 4-1>와 같다. 2011년까지 각 자치구의 인구수는 2011년 도시기본계획의 장래인구 예

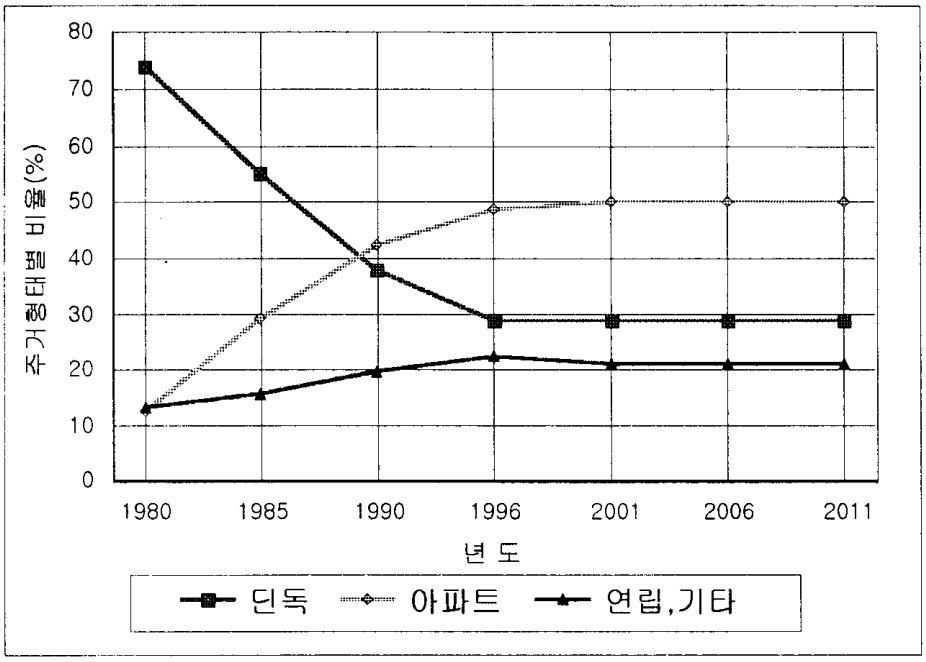
측과 생활권역별 인구배분계획을 고려하여 예측한다.

소규모 사업장의 배출원수 예측은 2011년 도시기본계획에서 계획하고 있는 1차산업, 2차산업, 3차산업의 비율을 기준으로 하여 산업별 종사자수를 구분한다. 그리고 배출원별로 공장은 1차산업과 2차산업의 종사자수를 기준으로 하고 시장·상가, 사업장, 서비스업, 음식점업은 3차산업의 종사자수를 1996년 기준 배출원별 점유비율을 고려하여 결정한다. 이렇게 산정된 2011년까지 인천광역시 각 자치구의 음식물쓰레기 배출원별 배출원수를 <표 4-5>에 나타내었다.

<표 4-3> 각 자치구의 인구수 예측

(단위 : 명)

구분	1998년	2001	2006	2011
합 계	2,498,404	2,710,000	2,890,000	2,997,000
중 구	75,482	160,213	192,191	217,898
동 구	82,671	61,198	61,392	60,858
남 구	420,198	357,723	358,497	353,002
남동구	260,466	419,140	436,588	448,799
부평구	400,182	564,308	582,851	545,824
연수구	521,288	300,810	343,910	402,000
계양구	327,124	303,520	303,450	279,000
서 구	328,382	445,527	504,191	569,619
강화군	68,689	81,300	89,590	99,000
옹진군	13,922	16,260	17,340	21,000



<그림 4-1> 2011년까지의 주거형태 변화

<표 4-4> 인천광역시의 산업구성 변화

(단위 : %)

구분	2001년	2006년	2011년
1차산업	1.2	0.8	0.5
2차산업	35.0	28.0	26.0
3차산업	63.8	71.2	73.5

자료 : 인천광역시, 인천도시기본계획, 1997.6

<표 4-5> 각 자치구의 배출원별 배출원수 예측

구분		가정(인구수)			소규모사업장(종업원수)				
		단독주택	아파트	연립·기타	공장	시장·상가	사무실	서비스업	음식점업
인천	2001	678,150	1,408,875	622,975	376,000	202,070	360,082	177,683	104,165
	2006	665,740	1,531,180	693,080	361,000	233,089	416,597	205,623	120,691
	2011	601,290	1,647,300	748,410	361,000	257,269	461,728	228,615	134,388
중구	2001	40,053	83,311	36,849	22,229	10,588	26,122	7,284	5,902
	2006	44,204	101,861	46,126	24,007	13,773	33,980	9,475	7,678
	2011	43,580	119,844	54,475	26,247	16,694	41,184	11,484	9,305
동구	2001	15,300	31,823	14,076	8,491	5,312	8,795	3,365	1,588
	2006	14,120	32,538	14,734	7,669	5,778	9,567	3,661	1,727
	2011	12,172	33,472	15,214	7,331	6,123	10,138	3,879	1,831
남구	2001	89,431	186,016	82,276	49,633	26,855	50,614	19,778	14,163
	2006	82,454	190,003	86,039	44,781	29,184	55,003	21,493	15,391
	2011	70,601	194,151	88,251	42,525	30,720	57,898	22,625	16,201
연수구	2001	75,203	156,421	69,186	41,736	17,107	35,982	24,538	16,057
	2006	79,099	182,272	82,538	42,959	21,209	44,609	30,421	19,906
	2011	80,400	221,100	100,500	48,422	26,502	55,743	38,014	24,875
남동구	2001	104,785	217,953	96,402	58,154	34,081	55,918	24,718	15,819
	2006	100,415	231,392	104,781	54,536	38,495	63,160	27,920	17,868
	2011	89,760	246,840	112,200	54,060	42,304	69,409	30,681	19,635
부평구	2001	141,077	293,440	129,791	78,295	45,243	75,410	33,968	21,127
	2006	134,056	308,911	139,884	72,806	50,673	84,459	38,045	23,662
	2011	109,165	300,203	136,456	65,747	50,729	84,553	38,087	23,688
계양구	2001	75,880	157,830	69,810	42,112	20,749	36,866	25,788	11,126
	2006	69,794	160,829	72,828	37,905	22,494	39,967	27,958	12,062
	2011	55,800	153,450	69,750	33,607	22,109	39,283	27,479	11,855
서구	2001	111,382	231,674	102,471	61,815	36,131	56,888	31,667	14,069
	2006	115,964	267,221	121,006	62,980	44,338	69,810	38,860	17,265
	2011	113,924	313,291	142,405	68,613	53,549	84,314	46,934	20,852
강화군	2001	20,325	42,276	18,699	11,280	5,258	11,542	4,836	3,684
	2006	20,606	47,483	21,502	11,191	6,283	13,792	5,779	4,402
	2011	19,800	54,450	24,750	11,925	7,422	16,293	6,826	5,200
옹진군	2001	4,715	8,130	3,415	2,256	747	1,946	1,740	631
	2006	5,029	8,670	3,641	2,166	863	2,251	2,012	730
	2011	6,090	10,500	4,410	2,530	1,118	2,914	2,605	945

4.1.3 발생량 추정

폐기물 발생량은 생활습관, 문화의 변화, 기술 진보, 폐기물 관련 정책, 인구수, 주거형태, 산업구조 등 무수히 많은 요소에 의해서 영향을 받는다. 이러한 모든 요인들을 감안하여 폐기물 배출량을 예측하는 것은 매우 어려운 일이며 특히 장기예측에서는 더욱 그러하다. 따라서 본 연구에서는 현재의 생활습관 또는 관습에 의한 폐기물 발생경향이 그대로 유지되고 폐기물 관련정책도 그대로 유지된다는 가정에서 각 자치구의 인구수, 주거형태, 산업구조의 변화만을 고려하여 배출원수를 예측하고 이를 근거로 장래의 음식물쓰레기 발생량을 예측한 후 배출원별 관리계획 및 음식물쓰레기 저감 목표를 고려하여 배출량을 예측한다.

음식물쓰레기의 감량노력은 종량제실시 이후 시작되었으나 그 효과는 미비하여 1997년 이후 점차 음식물쓰레기의 감량효과가 나타나기 시작하였다. 따라서 장래의 음식물쓰레기 총 발생량은 감량화 노력이 미비하였던 1996년도의 배출원별 원단위 배출량을 기초로 추정한 후 장래 폐기물 관리대안과 음식물쓰레기 저감목표를 고려하여 목표년도별 음식물쓰레기의 배출량을 추정한다.

연도별 각 자치구의 음식물쓰레기 발생량은 4.1.1에서 제시한 배출원별 원단위 배출량에 각 자치구의 인구배분계획과 산업구조 변화를 고려하여 추정한 인구수 또는 종업원수를 곱하여 추정한다. 각 자치구의 배출원을 단독주택, 아파트, 연립·기타, 공장, 시장·상가, 사무실, 서비스업, 음식점업으로 구분하여 음식물쓰레기의 배출원별 발생량을 <표 4-6>에 나타내었다. 연도별로 인천시는 2001년 809.5톤/일, 2006년 884.8톤/일, 2011년 940.9톤/일의 음식물쓰레기를 발생하고 이중 아파트가 2001년 237.2톤/일, 2006년 253.0톤/일, 2011년 262.4톤/일로 가장 높은 비율로 나타났다. 자치구별로는 부평구가 음식물쓰레기를 가장 많이 발생할 것으로 나타났는데 이는 인천시에서 부평구가 차지하는 인구비율이 가장 높기 때문으로 판단된다.

<표 4-6> 각 자치구 음식물쓰레기의 배출원별 발생량

(단위 : 톤/일)

구 분		발생량	단독주택	아파트	연립·기타	공장	시장·상가	사무실	서비스업	음식점업
인천시	2001	809.5	125.3	237.2	96.8	51.8	86.1	27.1	19.5	165.8
	2006	884.8	133.6	253.0	103.2	49.8	99.3	31.4	22.6	192.1
	2011	940.9	138.5	262.4	107.0	49.8	109.6	34.8	25.1	213.9
중구	2001	46.9	7.4	14.0	5.7	3.1	4.5	2.0	0.8	9.4
	2006	57.6	8.9	16.8	6.9	3.3	5.9	2.6	1.0	12.2
	2011	66.8	10.1	19.1	7.8	3.6	7.1	3.1	1.3	14.8
동구	2001	17.4	2.8	5.4	2.2	1.2	2.3	0.7	0.4	2.5
	2006	17.8	2.8	5.4	2.2	1.1	2.5	0.7	0.4	2.7
	2011	18.0	2.8	5.3	2.2	1.0	2.6	0.8	0.4	2.9
남구	2001	107.4	16.5	31.3	12.8	6.8	11.4	3.8	2.2	22.5
	2006	110.3	16.6	31.4	12.8	6.2	12.4	4.1	2.4	24.5
	2011	111.4	16.3	30.9	12.6	5.9	13.1	4.4	2.5	25.8
연수구	2001	95.0	13.9	26.3	10.7	5.8	7.3	2.7	2.7	25.6
	2006	111.6	15.9	30.1	12.3	5.9	9.0	3.4	3.3	31.7
	2011	134.0	18.6	35.2	14.4	6.7	11.3	4.2	4.2	39.6
남동구	2001	125.7	19.4	36.7	15.0	8.0	14.5	4.2	2.7	25.2
	2006	134.2	20.2	38.2	15.6	7.5	16.4	4.8	3.1	28.4
	2011	141.4	20.7	39.3	16.0	7.5	18.0	5.2	3.4	31.2
부평구	2001	168.7	26.1	49.4	20.1	10.8	19.3	5.7	3.7	33.6
	2006	178.6	26.9	51.0	20.8	10.0	21.6	6.4	4.2	37.7
	2011	171.4	25.2	47.8	19.5	9.1	21.6	6.4	4.2	37.7
계양구	2001	89.4	14.0	26.6	10.8	5.8	8.8	2.8	2.8	17.7
	2006	91.5	14.0	26.6	10.8	5.2	9.6	3.0	3.1	19.2
	2011	86.2	12.9	24.4	10.0	4.6	9.4	3.0	3.0	18.9
서구	2001	129.6	20.6	39.0	15.9	8.5	15.4	4.3	3.5	22.4
	2006	150.0	23.3	44.1	18.0	8.7	18.9	5.3	4.3	27.5
	2011	173.5	26.3	49.9	20.3	9.5	22.8	6.4	5.1	33.2
강화군	2001	24.8	3.8	7.1	2.9	1.6	2.2	0.9	0.5	5.9
	2006	28.1	4.1	7.8	3.2	1.5	2.7	1.0	0.6	7.0
	2011	31.8	4.6	8.7	3.5	1.6	3.2	1.2	0.7	8.3
옹진군	2001	4.7	0.8	1.4	0.6	0.3	0.3	0.1	0.2	1.0
	2006	5.2	0.8	1.5	0.6	0.3	0.4	0.2	0.2	1.2
	2011	6.4	1.0	1.8	0.7	0.3	0.5	0.2	0.3	1.5

4.1.4 배출량 추정

환경부의 음식물 관련 용어정의를 살펴보면 "음식물 쓰레기 감량화"란 음식물쓰레기를 압축·파쇄에 의한 탈수, 가열에 의한 건조, 발효·발효건조 등의 기기를 설치하여 양을 줄이거나 재생처리하는 것으로 정의하고 있다. 그리고 "음식물 쓰레기 자원화시설"은 음식물쓰레기 또는 자원화 부산물을 처리하여 퇴비·사료·연료 등의 재활용제품을 생산하기 위한 시설로 설명하고 있어 음식물쓰레기의 감량과 재활용은 그 의미에서 차이가 있다. 따라서 원천감량 또는 물리적 감량은 음식물쓰레기의 발생단계에서 음식물쓰레기 양을 줄이는 것이고 재활용은 배출된 음식물쓰레기 또는 감량화 부산물을 재이용 또는 재활용하는 것이다. 음식물쓰레기의 발생량과 감량 그리고 재활용량과의 관계를 그림으로 나타내면 <그림 4-2>와 같다. 음식물쓰레기의 발생량은 배출량에 감량된 음식물쓰레기의 양을 더한 것이고 배출량은 음식물쓰레기 재활용량에 처리량을 더한 것을 의미한다.

따라서 4.1.3에서 예측한 음식물쓰레기의 배출원별 발생량에서 음식물쓰레기의 저감을 위한 배출원 관리목표 또는 음식물쓰레기의 감량목표에 따라서 배출원별 배출량을 예측할 수 있다.

발생량 = 감량(발생원 처리) + 배출량
= 감량 + 재활용량 + 처리량
= 감량 + 재활용량 + 매립지 반입량 + 중간처리반입량

<그림 4-2> 음식물쓰레기 발생량과 배출량의 관계

4.1.4.1 배출원 관리 목표의 설정

환경부의 "음식물쓰레기 감량·자원화 기본계획"과 인천광역시의 "인천광역시 폐기물처리기본계획"의 1인1일 음식물쓰레기 배출량과 재활용 목표를

비교하면 <표 4-7>과 같다. 환경부는 2002년까지 음식물쓰레기의 감량목표를 0.29kg/일·인에서 0.255kg/일·인으로 12%로 정하고 재활용율은 50%로 설정하였다. 인천광역시는 음식물쓰레기의 감량과 재활용을 구분하지 않고 감량 및 재활용 목표를 43.3%를 정하고 있다.

<표 4-7> 환경부와 인천광역시의 음식물쓰레기 감량 및 재활용 목표

구 분		1997년	2001년
환경부	1인당 배출량	0.29kg/인·일	0.255kg/인·일* (12%감량)
	재활용율	9.8%	50%
인천광역시	1인당 배출량	0.30kg/인·일	0.17kg/인·일
	감량·재활용율	10.0%	43.3%

주 : *는 2002년 목표

자료 : 환경부, 음식물쓰레기 감량·자원화 기본계획(1998~2002), 1998.9
인천광역시, 인천광역시 폐기물처리기본계획(수정계획), 1997

또한 인천시 음식물쓰레기 감량을 위한 배출원별 관리목표의 설정을 위하여 음식물쓰레기 감량방법별 감량효과를 <표 4-8>에 정리하였다. 식생활문화 개선에 의한 감량, 발생원에서의 탈수, 공동주택에서의 음식물쓰레기 발생원 처리시설의 설치에 의한 감량 그리고 음식점에서의 배식방법 변화와 발생원 처리시설을 이용한 감량으로 구분하여 감량효과를 분석한 결과, 식생활문화 개선에 의한 감량효과 20%, 발생원집단처리시설에 의한 감량 효과 80%, 주문식단제에 의한 감량효과 33.4%로 조사되었다.

<표 4-8> 음식물쓰레기 감량방법별 감량효과

배출원	감량방법		특성
가정	원천 감량	· 적정량의 식품구매	· 원천적으로 음식물쓰레기를 감량할 수 있으나 식생활문화 개선에는 많은 시간이 소요 됨. · 감량효과 20~30%
		· 식재료의 올바른 보관	
		· 적정량의 조리	
		· 남은 음식의 적절한 활용	
	물리적 감량	· 단순물기제거	· 현재 대부분의 가정에서 실시
		· 수동식용기 탈수	· 원리는 원심분리 또는 압착 · 25% 감량(수분85%→80%)
		· 천일건조	· 해충과 냄새 발생으로 어려움 · 3~4일 건조할 경우 29% 감량
		· 무동력발효기	· 정원이 있는 단독주택에 적합 · 일부지역 사용중
		· 발생원집단처리 시설	· 공동주택에 유리 · 구입비용부담 · 잦은 고장 및 악취로 사용자 불편 · 감량효과 80% 정도
음식점	원천 감량	· 좋은 식단제	· 음식업자가 시행이 가장 용이한 배식방법으로 평가 · 감량효과는 25.6%이나 그다지 실효를 거두지 못하고 있음.
		· 주문 식단제	· 일부 카페테리아에서 실시 · 감량효과 33.4%
	물리적 감량	· 발생원 처리기	· 구입시 많은 비용소요 · 임대건물이나 복합건물에 설치 곤란 · 단독건물에 부지가 있으면 설치가능 · 냄새나는 시설은 영업에 지장 초래

자료 : 유기영, 음식물쓰레기 감량 및 자원화 방안, 서울시정개발연구원, 1997

<표 4-8>의 감량방법별 감량효과를 고려하여 인천시의 음식물쓰레기 감량

을 위한 배출원별 관리목표(안)을 설정하면 <표 4-9>와 같다. 단독주택, 아파트, 연립·기타의 가정 배출원에서 식생활 문화의 개선을 통하여 연도별로 각각 10%, 15%, 20%의 음식물쓰레기 배출량을 감량한다. 발생원처리시설에 의한 감량은 발생원처리시설의 설치가 가능한 아파트 지역만을 대상으로 하여 2001년 전체아파트 지역의 15%, 2006년 25%, 2011년 35%에 발생원처리시설을 설치하는 관리목표를 설정한다. 음식점의 음식물쓰레기 감량을 위한 방법으로는 주문식단제만을 고려하여 2001년 20%, 2006년 30%, 2011년 40%의 음식점에 주문식단제를 정착하는 관리 목표를 설정한다.

<표 4-9> 음식물쓰레기 감량을 위한 배출원별 관리목표

(단위 : %)

구분	식생활문화개선			발생원처리시설			주문식단제 실시		
	2001	2006	2011	2001	2006	2011	2001	2006	2011
단독주택	10	15	20	-	-	-	-	-	-
아파트				15	25	35	-	-	-
연립·기타				-	-	-	-	-	-
음식점업	-	-	-	-	-	-	20	30	40

4.1.4.2 배출량 추정

<표 4-8>과 <표 4-9>의 음식물쓰레기 감량방법별 감량효과와 배출원별 관리목표를 근거로 하여 음식물쓰레기 발생량에서 감량화 노력에 의한 음식물쓰레기의 감소량을 제외한 인천시 각 자치구의 음식물쓰레기 배출량을 <표 4-10>에 나타내었다. 분석결과, 인천시 전체의 음식물쓰레기 배출량은 2001년 726.9톤/일, 2006년 749.1톤/일, 2011년 752.0톤/일로 예측되었고, 부평구가 2001년 151.6톤/일, 2006년 151.3톤/일, 2011년 137.2톤/일로 가장 많은 양의 음식물쓰레기를 배출할 것으로 추정되었다.

<표 4-10> 각 자치구의 음식물쓰레기 배출원별 배출량

(단위 : 톤/일)

구분		배출량	단독주택	아파트	연립·기타	공장	시장·상가	사무실	서비스업	음식점업
인천시	2001	726.9	112.7	187.9	87.1	51.8	86.1	27.1	19.5	154.7
	2006	749.1	113.5	172.0	87.7	49.8	99.3	31.4	22.6	172.8
	2011	752.0	110.8	151.1	85.6	49.8	109.6	34.8	25.1	185.3
중구	2001	42.0	6.7	11.1	5.1	3.1	4.5	2.0	0.8	8.8
	2006	48.6	7.6	11.4	5.8	3.3	5.9	2.6	1.0	11.0
	2011	53.2	8.1	11.0	6.2	3.6	7.1	3.1	1.3	12.8
동구	2001	15.6	2.5	4.2	2.0	1.2	2.3	0.7	0.4	2.4
	2006	15.0	2.4	3.7	1.9	1.1	2.5	0.7	0.4	2.5
	2011	14.4	2.3	3.1	1.7	1.0	2.6	0.8	0.4	2.5
남구	2001	96.5	14.9	24.8	11.5	6.8	11.4	3.8	2.2	21.0
	2006	93.4	14.1	21.3	10.9	6.2	12.4	4.1	2.4	22.0
	2011	89.1	13.1	17.8	10.1	5.9	13.1	4.4	2.5	22.3
연수구	2001	85.3	12.5	20.9	9.7	5.8	7.3	2.7	2.7	23.8
	2006	94.6	13.5	20.5	10.4	5.9	9.0	3.4	3.3	28.5
	2011	107.2	14.9	20.3	11.5	6.7	11.3	4.2	4.2	34.3
남동구	2001	112.9	17.4	29.1	13.5	8.0	14.5	4.2	2.7	23.5
	2006	113.7	17.2	26.0	13.2	7.5	16.4	4.8	3.1	25.6
	2011	113.2	16.6	22.6	12.8	7.5	18.0	5.2	3.4	27.1
부평구	2001	151.6	23.5	39.1	18.1	10.8	19.3	5.7	3.7	31.4
	2006	151.3	22.9	34.7	17.7	10.0	21.6	6.4	4.2	33.9
	2011	137.2	20.2	27.5	15.6	9.1	21.6	6.4	4.2	32.7
계양구	2001	80.2	12.6	21.0	9.8	5.8	8.8	2.8	2.8	16.5
	2006	77.3	11.9	18.1	9.2	5.2	9.6	3.0	3.1	17.3
	2011	68.7	10.3	14.1	8.0	4.6	9.4	3.0	3.0	16.3
서구	2001	116.3	18.5	30.9	14.3	8.5	15.4	4.3	3.5	20.9
	2006	126.9	19.8	30.0	15.3	8.7	18.9	5.3	4.3	24.7
	2011	138.6	21.1	28.7	16.3	9.5	22.8	6.4	5.1	28.7
강화군	2001	22.3	3.4	5.6	2.6	1.6	2.2	0.9	0.5	5.5
	2006	23.8	3.5	5.3	2.7	1.5	2.7	1.0	0.6	6.3
	2011	25.4	3.7	5.0	2.8	1.6	3.2	1.2	0.7	7.2
옹진군	2001	4.2	0.7	1.1	0.5	0.3	0.3	0.1	0.2	0.9
	2006	4.3	0.7	1.0	0.5	0.3	0.4	0.2	0.2	1.0
	2011	5.1	0.8	1.1	0.6	0.3	0.5	0.2	0.3	1.3

음식물쓰레기의 배출량 해석기법 중에서 실측에 의한 배출량 해석기법으로 음식물쓰레기 배출량을 추정한 결과, 인천시에서 일반적으로 이용되고 있는 경향법[17]에 의한 배출량 추정보다 배출량이 많은 것으로 예측되었다.

경향법에 의한 배출량 예측은 점차적으로 총 배출량이 감소하는 추세인 반면, 실측에 의한 해석법은 음식물쓰레기의 배출량이 약간씩 증가하는 것으로 나타났다. 구별 비교에서는 자치구별 음식물쓰레기의 배출비율은 유사하게 나타났다.

이는 경향법은 과거의 음식물쓰레기 배출 경향이 그대로 이어진다는 가정에서 출발하였고 실측에 의한 배출량 예측은 현시점을 기준으로 음식물쓰레기의 발생량을 예측한 후 현실적으로 가능하다고 판단되는 배출원별 관리목표를 설정하여 감량 가능한 양을 추정한 것으로 장래의 감량정도에 대한 예측에 차이가 있기 때문으로 판단된다.

음식물쓰레기의 배출량 예측이 현실에서 실효성을 높이기 위해서는 인천시에서 일반적으로 사용하고 있는 경향법에 의한 배출량 추정보다는 실측에 의한 배출량 추정방법이 효과적이라 판단된다. 왜냐하면, 경향법은 음식물쓰레기의 감량에 영향을 미치는 사회적 요인의 변화가 배출량에 반영된 것을

17) 1992년부터 1997년까지의 배출경향을 고려한 1인1일 음식물쓰레기 배출량은 2001년 0.24kg/일, 2006년 0.22kg/일, 2011년 0.21kg/일로 예측되었다. 1인1일 음식물쓰레기 배출량과 2011년까지의 인구수를 고려한 인천시의 음식물쓰레기 배출량은 2011년 650.4톤/일, 2006년 635.8톤/일, 2011년 629.4톤/일로 감소하는 것으로 분석되었다.

<표 1> 경향법을 이용한 음식물쓰레기 배출량 추정

(단위 : 톤/일)

자치구	2001	2006	2011	자치구	2001	2006	2011
중 구	38.5	42.3	45.8	부평구	135.4	128.2	114.6
동 구	14.7	13.5	12.8	계양구	72.8	66.8	58.6
남 구	85.9	78.9	74.1	서 구	106.9	110.9	119.6
연수구	72.2	75.7	84.4	강화군	19.5	19.7	20.8
남동구	100.6	96.1	94.3	옹진군	3.9	3.8	4.4

전제로 하고 있어 급변하는 폐기물 관리정책의 변화 또는 도시 특성의 변화를 반영하는데 한계가 있기 때문이다. 반면, 실측에 의한 배출량 해석 기법은 배출원별 발생량을 추정하고 각각의 배출원에 대한 관리목표를 설정하여 이에 따른 음식물쓰레기의 배출량을 추정함으로서 폐기물 관리목표를 현실적으로 고려할 수 있다. 또한 경향법에 의한 배출량 예측은 음식물쓰레기의 총량에 대한 해석은 가능하나 각각의 배출원이 음식물쓰레기 배출량에 미치는 영향을 파악하고 이에 따른 대안의 수립에 한계가 있다. 그러나 실측에 의한 배출량 예측은 배출원별 배출량의 추정이 가능함으로써 세분화된 관리목표의 설정과 음식물쓰레기 처리시설의 처리방법별, 지역별 처리계획의 수립을 가능케 한다.

4.2 인천광역시 음식물쓰레기 재활용 방안

4.2.1 재활용 방안 수립원칙 설정

4.2.1.1 재활용 목표(안)의 설정

음식물쓰레기 감량방법별 감량효과를 고려하여 인천시의 음식물쓰레기 감량을 위한 배출원별 관리목표(안)를 식생활 문화 개선, 발생원처리시설 설치, 음식점의 주문식단제 실시로 설정하여 인천시의 연도별 음식물쓰레기 배출량을 추정한 결과, 1997년 전체 생활폐기물 배출량의 34.8%인 715.4톤/일에서 2001년 726.9톤/일, 2006년 749.1톤/일, 2011년 752.0톤/일에 이를 것으로 4.1.4.2절에서 추정되었다.

음식물쓰레기의 수거·운반 및 처리의 어려움으로 재활용 필요성이 증대되어 환경부와 수도권매립지 관리공단은 젖은 음식물쓰레기 반입 금지를 추진하고 있다. 따라서 본 연구에서의 음식물쓰레기 재활용 목표는 인천시폐기물처리기본계획 및 인천의제21의 음식물쓰레기 재활용 목표와 수도권매립지의 음식물쓰레기 매립 금지 계획을 감안하여 배출원에서 1차 감량 후 배출되는 음식물쓰레기를 2001년 35%, 2006년 95%, 2011년 98% 재활용하는 목표를 설정하고 이에 따른 음식물쓰레기의 재활용 계획을 수립한다.

<표 4-11> 음식물쓰레기 재활용 목표(안)

구분	2001	2006	2011
배출량(톤/일)	726.9	749.1	752.0
재활용목표(%)	35.0	95.0	98.0
재활용량(톤/일)	254.4	711.6	737.0

4.2.1.2 재활용시설의 선택기준

음식물쓰레기의 퇴비화를 위한 방법으로는 기계식퇴비화, 야적퇴비화, 지렁이를 이용한 퇴비화 방법이 있다. 야적퇴비화는 시설의 건설이나 운영에 소요되는 비용이 저렴하다는 장점이 있는 반면, 넓은 부지면적과 악취의 제어가 어렵고 퇴비화 과정에 많은 시간이 소요된다는 단점이 있다. 지렁이 퇴비화의 경우 가정단위에서 지렁이 퇴비화 방법을 적용하기 위해서는 사용자가 깊은 관심과 기초지식을 갖지 않으면 활용이 어렵다. 대규모의 지렁이를 이용한 퇴비화 시설은 악취의 발생으로 경기도 여주시에서 운영하고 있는 지렁이 퇴비화 시설도 인가와 떨어진 곳에 설치되어 있으며, 외국에서도 극히 제한적으로 적용되고 있다. 퇴비화시설의 제한요인으로 작용하는 부지 소요면적, 악취, 폐수발생 등을 고려하여 대도시 지역에서 음식물쓰레기의 배출원과 인접한 지역에 퇴비화 시설을 설치하기 위한 방법으로는 기계식퇴비화 시설이 적합할 것으로 판단되고 시설의 설치 및 운영조건에 따라서 호기성 또는 혐기성 기계식 퇴비화 방안을 선택한다.

사료화 방법의 선택은 지역 특성을 고려하여 선정되어야 한다. 습식사료화는 건식사료화와 비교하여 경비가 저렴하다는 장점이 있으나 신선도 유지를 위한 신속한 수집·운반과 생산된 사료를 운반하는데 많은 비용이 소비된다. 따라서 습식사료화는 사료의 소비처에 사료화 시설이 인접하여 있거나 축산농가와의 연계가 원활한 지역에서 가능한 방법으로 대규모의 사료화 추진에는 한계가 있다. 건식사료화는 습식사료화와 비교하여 생산비용이 높게 소요

되고 영양소가 불균형하다는 단점이 있으나 음식물쓰레기를 고온건조, 멸균하는 과정으로 사료화 후 소비처에 대한 제한요인이 적고 저장 판매가 가능하다는 이점이 있다. 따라서 사료화방법의 선택은 지역여건과 축산농가와의 연계 방안을 감안하여 농촌 지역 또는 소규모 지역에서 발생되는 음식물쓰레기는 습식사료화가 가능하고 다량의 음식물쓰레기를 대규모로 재활용하기 위한 방안으로는 건식사료화 방안이 적절하다.

4.2.1.3 재활용방법에 따른 배출원 선정기준

음식물쓰레기의 재활용방법은 음식물쓰레기의 처리 후 배출되는 부산물을 퇴비 또는 사료로 이용하는 것으로 소각에 의한 음식물쓰레기의 처리는 음식물쓰레기의 재활용 방법에서 고려하지 안음을 원칙으로 한다. 퇴비화는 미생물에 의해서 유기성 물질을 분해하는 과정으로 퇴비화에 의한 음식물쓰레기 재활용은 소량의 음식물쓰레기가 여러 지역에서 배출되고 수거가 어려우며 변질의 우려가 있는 단독주택, 연립주택, 공장, 사무실이 밀집되어 있는 지역을 우선 대상으로 한다.

음식물쓰레기를 사료화에 의하여 재활용할 경우 문제점으로 대두되는 것은 수집·운반과정에서 발생할 수 있는 음식물쓰레기의 변질 가능성으로 사료화를 위한 음식물쓰레기의 배출원은 수집과 운반이 용이하고 비교적 양질의 음식물이 다량으로 배출되는 배출원으로 선정한다. 따라서 소량의 음식물이 여러 지역에서 배출되는 단독주택 지역보다는 양질의 음식물쓰레기가 배출되고 수집과 운반이 비교적 용이한 아파트 등 공동주택지역의 음식물쓰레기를 일괄수집·운반하여 사료화한다. 또한 음식점과 시장·상가, 감량의무사업장 등 양질의 음식물쓰레기가 다량으로 배출되는 배출원에 대해서도 발생원처리시설을 이용한 음식물쓰레기의 처리와 함께 배출원공동체를 통해 음식물쓰레기를 일괄 수집·운반하여 사료화하는 방안을 모색한다.

4.2.1.4 재활용시설의 운영주체 및 부산물 활용의 원칙

퇴비화나 사료화 시설을 대규모로 설치 운영할 경우 인천시나 자치단체에서 직접 건설·운영하기보다는 시설설치와 운영측면에서 민간업자를 최대한 활용하는 방안을 우선적으로 모색하고 시나 자치단체는 민간업자를 간접 지원하는 형식이 바람직하다. 민간 재활용시설에 대한 인천광역시나 자치단체의 간접지원 방법은 음식물쓰레기의 수거·운반 대행, 부지제공, 처리비용의 보조 등이 있을 수 있다. 민간업자에 의한 재활용 시설의 설치가 어려운 지역에 대해서는 인천광역시나 자치구에서 자체적으로 음식물쓰레기의 재활용 시설을 확보한다.

재활용시설에서 생산된 부산물의 수요처로는 인천광역시를 우선 고려 대상으로 한다. 수거된 음식물쓰레기나 사료는 인천광역시의 강화군이나 타 지역의 축산농가와 연계·판매 방안을 모색하고 퇴비의 수요처는 단기적으로는 판매가 어려운 만큼 인천시 또는 자치단체에서 소비하는 퇴비를 우선 대체하고 시유림 또는 도로변 녹지에 퇴비를 시비하는 등 자체내의 수요처 확보에 힘쓴다.

4.2.2 수거·운반체계 구축

4.2.2.1 음식물쓰레기 분리배출의 법적 근거 마련

폐기물관리법 제13조에서는 음식물쓰레기 분리배출과 수수료 징수에 관한 사항을 규정하고 시행규칙 제6조에서는 음식물쓰레기 매립처분 금지에 관하여 규정하고 있다. 폐기물 관리법 시행규칙 제6조는 음식물쓰레기 감량의무 사업장 범위, 음식물쓰레기 직매립처리 금지, 음식물쓰레기 감량·재활용 방법을 규정하고 2005년부터는 수도권매립지에 주민들이 배출하는 음식물쓰레기의 직매립을 금지하고 있다. 폐기물관리법 제13조에서는 구청장은 생활폐기물을 수집·운반·처리함에 있어 조례를 정하여 수수료를 징수하고 폐기물 처리업의 허가를 받은 자로 하여금 수집·운반·처리를 대행할 수 있다고 규정하고 있다. 또한 폐기물배출자는 조례가 정하는 바에 따라 스스로 처

리하거나 감량하여 종류, 성상별로 분리·보관하여야 하고 구청장은 조례로 정하여 생활폐기물 배출자로 하여금 생활폐기물 보관시설 또는 용기를 설치하도록 할 수 있다.

따라서 구청장은 음식물쓰레기의 수집·운반 및 재활용의 촉진을 위하여 음식물쓰레기의 분리 배출지역 지정 및 배출방법과 수수료의 징수 방법을 조례와 시행규칙으로 정하여야 한다. 폐기물관리법에 근거하여 제정되는 각 자치구의 조례 및 시행규칙은 음식물쓰레기의 수거체계 및 재활용 촉진을 위한 세부사항을 규정하여야 한다. 다시 말해, 조례 및 시행규칙에는 음식물쓰레기를 분리 배출해야하는 지역 및 배출원을 규정하고 이에 따른 수거·운반 방법, 배출방법, 배출용기, 배출장소, 수수료 산정기준 및 부과방법 등이 구체적으로 명시되어야 한다.

4.2.2.2 분리배출 및 수거·운반 지역의 단계적 확대

분리배출 및 수거·운반 지역의 확대는 음식물쓰레기 재활용 시설의 확충계획을 고려하여 이루어져야 한다. 본 연구에서는 2011년까지 감량 후 배출되는 음식물쓰레기를 퇴비화 또는 사료화에 의하여 98%를 재활용한다는 목표하에 단계적으로 음식물쓰레기의 재활용 목표를 2001년 35%, 2006년 95%, 2011년 98%로 설정하였다. 이와 같은 음식물쓰레기의 재활용 계획을 달성하기 위해서는 2001년까지 퇴비화의 대상 배출원인 단독주택, 연립주택에서 배출되는 음식물쓰레기의 30%를 분리배출 및 수거·운반하여야 하고 사료화 대상 배출원인 공동주택, 음식점, 시장에서 배출되는 음식물쓰레기는 50%를 분리배출 지역으로 지정 고시하여야 한다. 또한 2006년의 95%와 2011년의 98%의 재활용 목표 달성을 위해서는 모든 배출원을 분리배출 지역으로 지정하여 단독주택, 연립주택, 사무실에서 배출되는 음식물쓰레기는 퇴비화 방법으로 재활용하고 공동주택, 음식점, 시장은 사료화 방법으로 재활용한다.

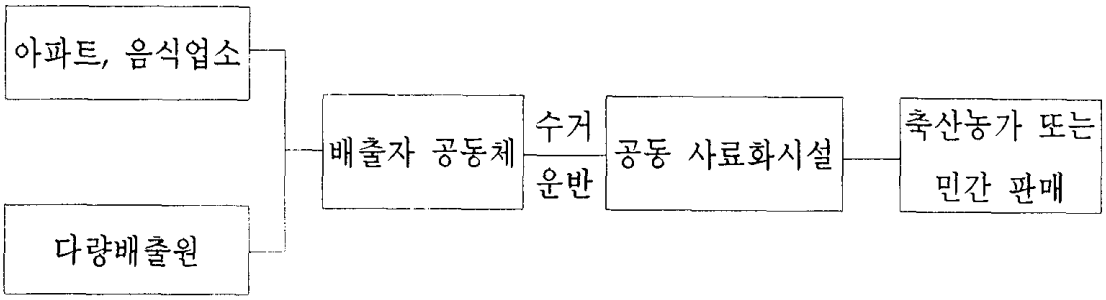
<표 4-12> 단계별 분리배출지역 확대 계획

현재~2001년	2002년~2006년	2007년~2011년
퇴비화 대상 배출원의 30% (단독주택, 연립주택 지역) 사료화 대상 배출원의 50% (공동주택, 음식점, 시장·상가)	전지역	전지역

4.2.2.3 재활용 방법에 따른 음식물쓰레기 수거·운반 방안

퇴비화의 대상이 되는 단독주택, 사무실, 공장 등의 배출원과 같이 소량의 음식물쓰레기가 넓은 지역에 걸쳐 배출되는 지역은 민간재생업자와의 개별계약을 통한 음식물쓰레기의 수거·운반 및 재활용에 한계가 있다. 이와 같이 수거·운반이 어려워 민간에 의한 위탁처리가 곤란한 지역은 자치단체에서 직접 음식물쓰레기 전용수거·운반 차량을 이용하여 재생업자 또는 자치단체에서 운영하는 재활용 시설로 운반한다. 또는 수거·운반 대행업자에서 적정한 수거·운반비용을 지급하고 수거·운반을 대행하는 방법을 모색한다.

사료화를 위한 음식물쓰레기의 수거·운반은 각 자치구에서 전용수거용기와 전용수거차량을 이용하여 직접 수거·운반하기보다는 민간 재생업자와의 개별계약을 통하여 수거·운반하는 방법을 모색한다. 또는 사료화 대상 배출원인 아파트, 음식업소, 다량 배출원에서 배출자 공동체를 구성하여 음식물쓰레기의 공동수집체계를 구축 일괄 수집·운반하는 체계를 구축한다. 초기에 사료화의 활성화 및 원활한 음식물쓰레기의 공급을 위해서는 자치구에서 수거·운반을 대행할 수 있겠으나 장기적으로는 민간 대행업자 또는 배출자 공동체를 통한 수집·운반 체계를 구축하도록 한다. <그림 4-3>은 비교적 음식물쓰레기를 많이 배출하는 배출자를 중심으로 배출자 공동체를 통한 수거·운반 및 처리체계를 나타낸 것이다.



<그림 4-3> 배출자 공동체를 통한 수거·운반 및 처리체계

4.2.2.4 음식물쓰레기의 배출방법 및 처리비용의 부과

음식물쓰레기의 재활용을 위해서는 분리배출과 분리수거가 선행되어야하며 이미 일부 자치구에서는 이를 위한 조례의 제정 및 조례시행규칙을 제정하였거나 준비중에 있다. 투명한 전용봉투의 이용은 이물질의 혼합을 방지하고 배출자에게 물기를 제거하도록 유도하는 효과가 있으나 별도의 봉투제작과 판매과정이 요구되는 반면, 전용용기는 재사용으로 인한 환경오염의 방지와 수수료의 부과가 용이하다는 장점이 있다. 따라서 음식물쓰레기 배출지역의 여건 및 배출원의 특성을 감안하여 비교적 차량의 접근이 용이한 지역이거나 배출원이 밀집된 지역은 전용용기를 사용하는 것이 좋으나 차량의 진입과 공동배출이 어려운 지역은 투명한 음식물쓰레기 전용봉투를 사용하도록 한다.

또한 음식물쓰레기는 다른 쓰레기와 비교하여 높은 처리비용이 소요되는 만큼 원인자부담원칙에 의하여 음식물쓰레기의 처리비용을 확보하고 이물질의 혼합을 막는 방법을 고려한다. 음식물쓰레기 처리비용은 비닐봉투를 사용하는 경우는 봉투가격에 포함하고 전용용기를 사용하는 경우는 지금의 세대당 1,000~1,500원의 일률적인 부과 방식을 지양하고 월별 배출량을 기준으로 수수료를 징수함으로써 음식물쓰레기 처리비용의 자립과 감량효과를 기대한다.

배출원별 수거·운반 및 처리방법, 배출방법, 수수료 산정에 대한 안을 제시하면 공동주택과 감량의무사업장은 민간처리업체와의 상호계약을 통한 처

리를 원칙으로 하고 민간업자에 의한 수거·운반 및 처리가 어려운 일반주택과 상가지역은 자치단체에 의한 처리 또는 자치단체에 의한 대행업체의 선정 방법을 고려한다. 수수료의 산정기준은 처리비용에 근거한 징수를 원칙으로 하고 징수방법은 민간업자와의 상호계약에 의한 처리일 경우는 배출량에 근거한 개별부과 방식을 채택하고 일반주택의 경우는 음식물쓰레기 전용봉투를 이용하여 부과하되 배출원별 수수료의 산정기준은 일치하여야 한다. 음식물쓰레기 분리배출 지역의 지정은 음식물쓰레기 재활용 시설의 확충계획과 배출량을 고려하여 지정지역을 확대한다.

<표 4-13> 음식물쓰레기의 배출원별 배출방법 및 처리비용 부과방법

구분	수거·운반 및 처리방법	배출방법	수수료 산정	부과방법
공동주택	전문처리업체와의 상호계약	지정된 장소의 공동수집용기에 배출	처리비용에 근거	배출량을 계근하여 납부고지서에 의해 징수
일반주택 상가지역	자치단체 또는 민간대행업체	음식물쓰레기 전용봉투 사용	처리비용에 근거	음식물쓰레기 전용 봉투에 포함하여 징수
감량의무 사업장	자가처리 또는 전문처리업체와의 상호계약	위탁처리업자와 협의 결정	개별계약	개별계약

4.2.3 재활용 시설의 적정규모

초기 음식물쓰레기 퇴비화 시설의 규모를 결정하기 위하여 인천시 또는 자치단체에서 자체적으로 소비가 가능한 퇴비량을 산정하고 이를 근거로 초기 퇴비화 시설의 용량을 제시한다. 또한 4.2.1에서 제시한 음식물쓰레기 재활용 목표, 재활용 방법에 따른 배출원의 선정기준, 재활용 시설의 선택기준, 부산물 활용 원칙을 기준으로 2011년까지 음식물쓰레기의 재활용 목표를 달성하기 위한 퇴비화와 사료화 시설의 필요규모를 단계별로 제시한다.

4.2.3.1 인천시의 초기 퇴비화 시설의 적정규모

인천시에서 자체적으로 소비가 가능한 퇴비량을 기준으로 하여 초기 퇴비화 시설의 규모를 산정하기 위하여 인천시의 1997년 자체퇴비 사용량를 조사한 결과, 퇴비사용량 280.8톤/년으로 2,955만원의 예산을 사용한 것으로 조사되었다. 또한 예상 퇴비사용처로 인천시 시유림 지역에 주기적인 퇴비의 공급을 가정하여 퇴비사용량을 추정한 결과, 589.9톤/년으로 추정되었다. 예상퇴비의 사용량은 인천시 시유림 면적, 토양심도 0.3m, 부식질 부족분 1%의 부피비를 고려하여 추정하였다. 따라서 초기 퇴비화 시설의 적정용량은 현재 퇴비소요량 280.8톤/년에 예상퇴비소요량 589.9톤/년을 합한 870.7톤/년으로 1일 퇴비생산량 2.4톤 규모의 시설이 적정할 것으로 판단된다.

<표 4-14> 1997년 인천광역시 퇴비소요량

구 분	사용량(kg)	금액(천원)	비 고
합 계	280,800	29,550	
중 구	4,000	700	
동 구	20,000	4,000	
남 구	32,400	4,500	
연 수 구	6,400	900	
남 동 구	-	-	
부 평 구	-	-	
계 양 구	22,000	6,650	
서 구	28,000	3,800	
강 화 군	0	0	
옹 진 군	0	0	
공원관리사업소	35,000	3,000	구입 또는 자체조달
양묘관리사업소	130,000	6,000	구입 또는 자체조달

자료 : 인천시, 각 자치구 내부자료, 1997

<표 4-15> 인천광역시 시유림 지역의 예상 퇴비소요량

시유지면적 (ha)	토양심도(m)	퇴비부족분 (부피%)	퇴비량(㎥)	퇴비소요량 (톤)	5년단위 살포시(톤/년)
371	0.3	1.0	11,130	2,949.5	589.9

주 : 겉보기 밀도 0.265 적용
자료 : 인천광역시, 인천통계연보, 1997

이를 호기성 퇴비화 시설의 경우로 환산할 경우 20~25톤/일 규모가 적정하리라 판단된다. 퇴비화 시설의 건설은 초기 퇴비화 시설의 설치와 운영과정에 대한 충분한 검토과정을 거친 후 점차적으로 퇴비화 시설의 수와 용량을 늘려 나가는 방향으로 추진한다.

4.2.3.2 재활용 시설의 필요규모 산정

(1) 각 자치구별 재활용시설의 필요규모

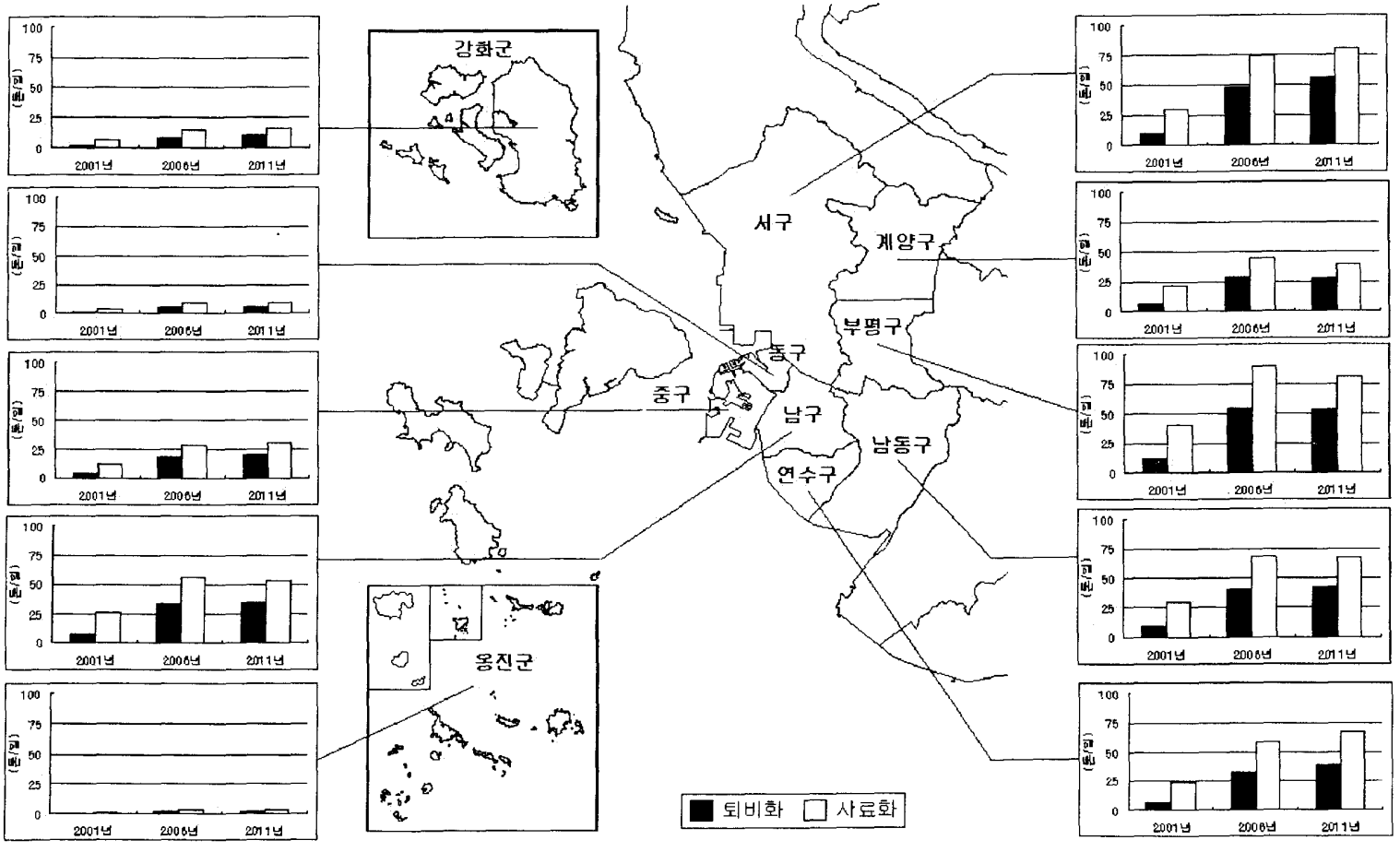
음식물쓰레기의 년도별 재활용 목표를 달성하기 위해서는 2001년 255.0톤/일, 2006년 714.6톤/일, 2011년 737.9톤/일의 음식물쓰레기를 퇴비화 또는 사료화에 의하여 재활용하여야 한다.

퇴비화를 위한 배출원 선정 기준에 근거하여 음식물쓰레기가 소량씩 발생하고 수거와 운반이 어려운 지역을 대상으로 퇴비화를 추진할 경우, 목표년도별 퇴비화시설의 필요규모는 2001년 59.9톤/일, 2006년 270.4톤/일, 2011년 292.0톤/일로 2006년까지 퇴비화시설의 건설을 완료하도록 한다. 또한 사료화 대상 음식물쓰레기 배출원 선정 기준에 의하여 사료화하는 음식물쓰레기의 양은 2001년 193.0톤/일, 2006년 444.1톤/일, 2011년 445.9톤/일로 목표년도별로 각 자치구별 재활용 시설의 필요규모를 추정하면 <표 4-16>과 <그림 4-4>와 같다.

<표 4-16> 자치구별 재활용 시설의 필요규모

(단위 : 톤/일)

구 분	2001년		2006년		2011년	
	퇴비화시설	사료화시설	퇴비화시설	사료화시설	퇴비화시설	사료화시설
인천시	**59.9**	**193.0**	**270.4**	**444.2**	**292.0**	**445.9**
중 구	3.5	11.0	18.0	28.3	21.3	30.9
동 구	1.4	4.0	5.7	8.6	5.9	8.2
남 구	7.9	25.8	33.3	55.8	34.2	53.2
연수구	6.7	23.4	32.5	58.0	39.5	65.9
남동구	9.3	30.2	40.5	68.0	43.4	67.7
부평구	12.5	40.4	54.3	90.2	52.8	81.8
계양구	6.7	20.9	28.7	44.9	27.6	39.8
서 구	9.9	30.2	47.3	73.6	55.6	80.3
강화군	1.8	6.0	8.4	14.3	9.6	15.3
옹진군	0.4	1.1	1.7	2.5	2.1	2.8



<그림 4-4> 각 자치구별 재활용 시설의 필요규모

(2) 처리권역별 재활용 시설의 필요규모

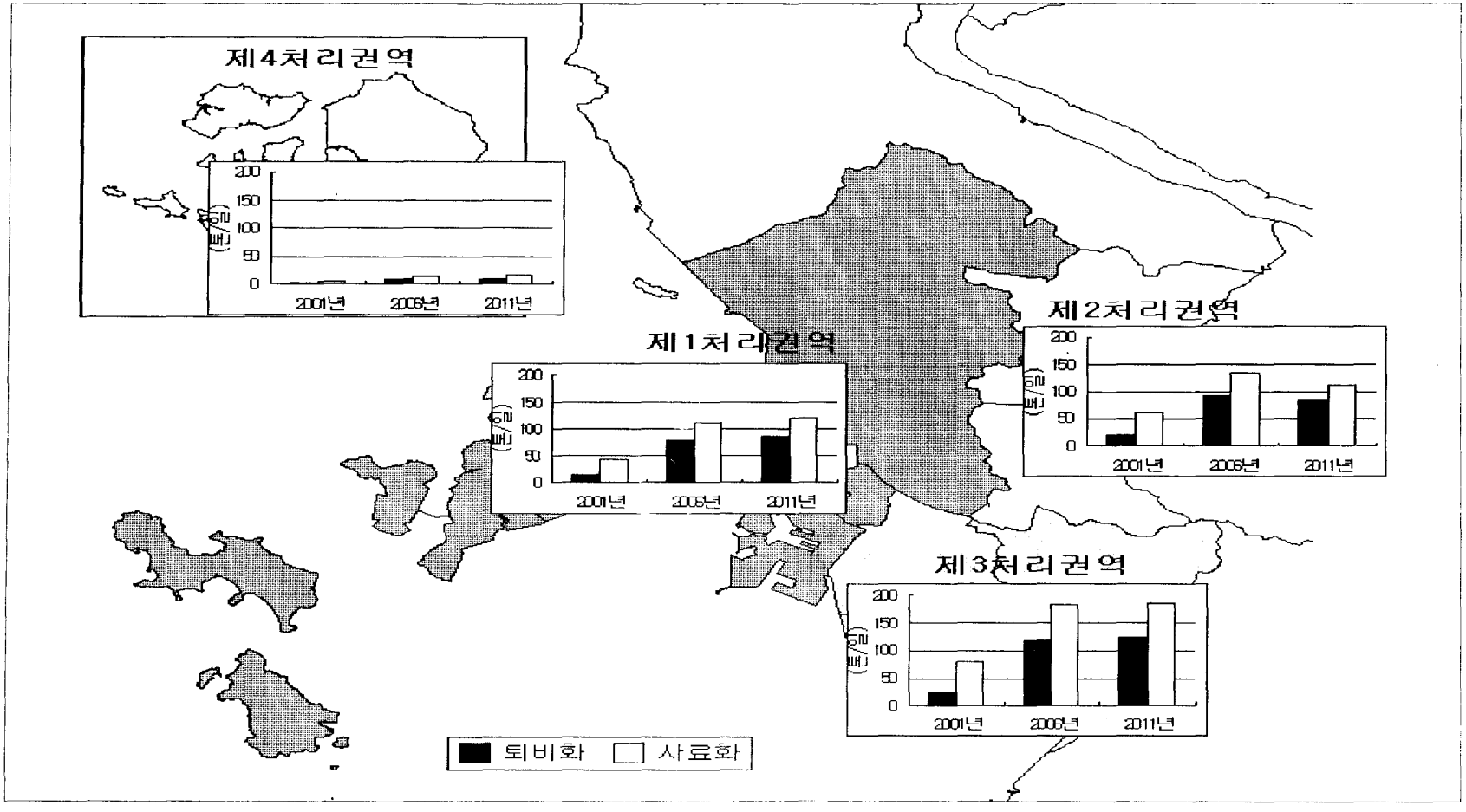
생활폐기물의 수집·운반·처리의 책임은 각 자치구에 있으나 각 자치구는 처리시설의 입지확보와 건설 및 운영비용의 부담으로 처리시설 확충에 많은 어려움을 겪고 있다. 따라서 현재의 자치구별 처리체계에서 인천시를 지역여건과 재활용시설의 입지 여건을 고려하여 폐기물 처리권역으로 구분한 후 처리권역별로 폐기물 재활용시설 또는 처리시설을 건설하고 이에 대한 투자비용과 처리비용을 적절히 분담하는 것이 더 효과적 처리방법이 될 것이다. 인천시의 장기적인 폐기물 관리방안에서 현재의 자치구별 처리체계를 처리권역별 처리체계로 전환하기 위하여 지역적 특성과 재활용시설의 입지조건을 고려하여 처리권역을 구분한 결과, 제1처리권역은 서구, 동구, 중구 제2처리권역은 계양구와 부평구, 제3처리권역은 남구, 연수구, 남동구 제4처리권역은 강화군으로 구분되었다[18]. 처리권역별 재활용 시설의 필요규모를 제시하면 다음과 같다.

<표 4-17> 처리권역별 재활용 시설의 필요규모

(단위 : 톤/일)

구분	2001년		2006년		2011년	
	퇴비화시설	사료화시설	퇴비화시설	사료화시설	퇴비화시설	사료화시설
인천시	59.9	193.0	270.4	444.2	292.0	445.9
제1처리권역	14.7	45.2	80.1	110.5	86.7	119.4
제2처리권역	19.2	61.3	93.6	135.1	84.3	112.6
제3처리권역	23.8	79.4	120.1	181.8	122.7	186.8
제4처리권역	1.8	6.0	9.5	14.3	10.1	15.3

18) 윤하연, 인천광역시 생활쓰레기 관리계획 수립을 위한 기초연구, 인천발전연구원, 1997



<그림 4-4> 처리권역별 재활용 시설의 필요규모

4.2.3.3 재활용에 따른 파급효과

2001년까지 인천시의 단독주택, 연립주택, 공장, 사무실에서 배출되는 음식물쓰레기의 30%를 분리배출하여 퇴비화하고 아파트, 시장·상가, 음식점에서 배출되는 음식물쓰레기의 50%를 사료화 방법에 의해서 처리할 경우 252.9톤/일의 음식물쓰레기를 재활용함으로써 전체 생활폐기물 배출량의 11.6%가 감소된다.

2005년 이후는 수도권 매립지에 음식물쓰레기를 반입하는 것이 금지되기 때문에 2006년까지 음식물쓰레기의 95%를 재활용할 경우 2006년까지 퇴비화 270.4톤/일, 사료화 444.2톤/일로 총 714.6톤/일의 음식물쓰레기 처리량을 감소시킬 수 있다. 이로 인하여 2006년 전체 생활폐기물 배출량의 30.3%가 감소된다.

2011년까지의 재활용 목표 98%를 달성하기 위하여 퇴비화 292.0톤/일, 사료화 445.9톤/일을 재활용할 경우, 2011년 전체 생활폐기물 배출량의 23.4%의 감소효과가 있다.

4.2.4 재활용 시설의 효율적인 설치 및 운영 방안

퇴비화에 의한 음식물쓰레기의 재활용 방법은 사료화와는 달리 아직은 퇴비화 과정에서 생산된 퇴비에 대한 경제적인 가치를 인정받지 못하고 있어 생산된 퇴비의 대부분을 무료 배포하거나 농가에서 보조퇴비 정도로 이용하고 있다. 생산된 부산물을 유상으로 판매하지 못할 경우 음식물쓰레기 처리비용의 전액을 배출자 또는 자치단체에서 부담해야하므로 배출자와 퇴비생산 민간업자와의 상호개별 계약을 통한 음식물쓰레기의 퇴비화에는 한계가 있다. 따라서 어떤 형태로든 퇴비화 시설의 건설과 운영에 인천시나 자치구가 관여하여야 한다. 자치단체에서 퇴비화 시설을 지원하는 방법은 자치단체에서 직접 퇴비화 시설을 설치·운영하는 방법과 민간업체에 의한 퇴비화시설의 설치·운영을 간접 지원하는 방법이 있다. 국내의 경우 아직까지는 퇴비화에 의한 재활용의 경우 소규모의 발생원처리시설을 제외하고 비교적 큰

규모로 시설을 운영할 경우 전적으로 민간업자에 의해서 운영되는 경우는 없다. 자치단체에서 부지를 제공하거나 재활용시설의 건설 및 운영에 소요되는 비용을 지원하고 민간업자가 운영을 책임지는 형태가 대부분이다. 자치단체에서 직접 시설을 설치·운영할 경우 고정적이고 안정적인 음식물쓰레기의 퇴비화가 가능한 반면 행정적, 재정적인 부담을 안게 된다. 따라서 민간업자를 최대한 활용하여 퇴비화 시설을 설치·운영하고 이에 대한 간접 지원방안으로 수거·운반의 대행, 중간수집용기의 보급, 처리비용 보조 등의 방법을 강구하는 것이 바람직하다.

그러나 도시지역의 음식물쓰레기 재활용을 위한 집중식 재활용 방식의 도입과 병행하여 배출원에서 자가처리할 수 있는 방안으로 단독 주택이나 정원이 있는 가정에서 배출되는 음식물쓰레기의 1차 퇴비화를 위한 가정용 퇴비화용기의 보급과 혐기성소화조와의 연계를 통한 배출원처리는 자치단체에서 주도적으로 시행하는 것이 효과적이다.

사료화에 의한 음식물쓰레기의 재활용 방법은 민간업자에 의한 접근이 비교적 용이하다. 습식사료화의 경우 수거·운반 및 처리비용을 배출자 또는 자치단체에서 적절히 부담한다면 축산농가와의 연계를 통한 재활용이 가능하고 실제로 국내에서도 이러한 방법에 의한 재활용 사례가 있다. 건식사료화의 경우도 생산된 사료를 판매함으로서 적절한 수준의 간접 지원이 전제된다면 민간업자에 의한 재활용이 충분히 가능하다고 판단되고 광주시의 삼능개발에 의한 건식사료화 시설의 건설 및 운영이 좋은 예이다.

따라서 사료화 방법은 지역의 특성을 감안하여 축산농가와의 원활한 연계가 가능하고 사료의 수요처에 인접한 경우에는 습식사료화 방안을 모색함이 타당하겠으나 인천시 도시지역의 사료화는 음식물쓰레기 배출원에 인접한 지역에 각각의 자치구를 처리권역별로 구분하여 대형화된 건식사료화 시설을 민간업자에 위탁 설치·운영하는 방안이 타당하다고 판단된다.

이때 자치구는 사료화 시설의 건설에 직접 참여하기보다는 사료화 시설 건설을 위한 자금지원, 부지제공, 또는 음식물쓰레기의 수거·운반을 지원하

는 등 간접 지원 방안을 모색한다. 또한 처리비용 확보 방안으로는 인천광역시나 자치구는 음식물쓰레기 사료화에 의해서 발생하는 생활폐기물 처리비용의 절감부분을 민간업자에게 지원하고 배출자에게 음식물쓰레기의 수거·운반 및 처리비용을 부담케하는 수수료 체계를 확립한다.

4.2.5 음식물쓰레기 적정 수수료(안)

4.2.5.1. 수거·운반비용

(1) 인천광역시 생활폐기물 수거·운반 대행료

아직은 인천시의 음식물쓰레기 분리수거·운반은 시범실시 단계로 배출자는 수거·운반 및 처리에 소요되는 비용으로 대체로 세대당 1000원/월의 수수료를 부담하고 있다. 그러나 이러한 배출자에 의한 수수료 부담액이 처리비용의 100%를 부담하는 것으로는 판단되지 않는다.

인천시의 생활폐기물 수거·운반 체계를 살펴보면, 인천시의 가정에서 배출되는 생활폐기물은 강화군과 옹진군을 제외하고는 전량 수거·운반 대행업체에 의해 매립 또는 소각 처리되고 있다. 수거·운반 대행료는 수거대상지역의 배출량, 지역여건, 수거체계, 중간 적환장 운영 현황과 대행업체의 인력과 장비보유 현황에 따라서 달라질 수 있고 대행료의 결정은 자치구와 대행업체간의 계약에 의해서 이루어진다.

1997년 자치단체가 수거·운반 대행업체에 지급한 위탁처리비용을 총 생활폐기물 처리량으로 나눈 인천시 각 자치구의 생활폐기물 톤 당 수거·운반비용은 <표 4-18>과 같다. 인천시의 평균 대행료는 86,002원/톤이고 부평구가 108,356원/톤으로 가장 많고 중구가 64,906원/톤으로 가장 적게 나타났으나 수거·운반 대행료는 지역여건에 따라서 달라질 수 있으므로 일률적인 비용 비교는 큰 의미가 없다. 수거·운반 대행업체와의 대행료 계약은 매 2년마다 수거·운반의 효율성과 원가 상승요인을 감안하여 재조정된다. <표 4-18>의 대행료 산정에서 생활폐기물 처리량은 주로 가정에서 배출되는 생

활폐기물로 다량배출업소의 생활폐기물은 제외한 것이다.

<표 4-18> 인천광역시 생활폐기물 수거·운반 대행료

구분	생활폐기물처리량(A, 톤)	수거·운반대행료(B, 원)	B/A(원/톤)
인천시	564,728	48,568,014	86,002
중 구	38,325	2,487,536	64,906
동 구	28,251	2,215,397	78,418
남 구	101,032	9,467,037	93,703
연수구	48,655	4,127,906	84,841
남동구	100,740	7,489,456	74,344
부평구	113,515	12,300,020	108,356
계양구	57,561	4,730,779	82,188
서 구	76,650	5,749,883	75,015

자료 : 환경부, '97 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 1998

(2) 음식물쓰레기 수거·운반비용 산정

일반도시의 차량진입이 용이한 지역의 음식물쓰레기 수거·운반비와 산정 근거를 <표 4-19>에 나타내었다. 음식물쓰레기의 수거·운반단계는 2단계로 구분할 수 있다. 1단계는 배출자에게서 재활용 시설까지 운반하는 단계이고 2단계는 재활용 시설에서 부산물 사용처까지 운반하는 단계이다. <표 4-19>와 같은 가정하에 배출자에서 재활용 시설까지 운반하는 1단계의 수거·운반비용을 산정한 결과, 고정비용 3,175만원과 운영비용 24,937원/톤으로 조사되었다. 운영비용의 산정은 6년간의 연간 운영비용 합계에 5%의 할인율을 적용하여 현재가치로 환산한 비용이다. 재활용시설에서 부산물의 수요처까지 운반하는 2단계 수거·운반비용의 고정비용은 1,700만원이고 운영비용은 10,640원/톤으로 총 비용은 35,577원/톤이다.

<표 4-19> 음식물쓰레기 수거·운반비용 및 산출근거

1단계(배출자 → 재활용 시설)		
항목	금액(백만원)	산출근거
1.고정비용		
차량 구입비	25.00	4.5톤 트럭 1대
수거함 설치비	6.75	45,000원/개×150개
소 계	31.75	
2.연간운영비		
인건비	52.80	기사 1인, 미화원 2인
유류비	2.40	200,000원/월/대
보험료	1.40	
차량 수리비 등	0.75	
환경개선부담금	0.068	34,000원/반기/대
소 계	57.418	
톤 당 수거·운반비	24,937원/톤	할인율=5%
2단계(재활용시설 → 부산물 사용자)		
항목	금액	산출근거
1.고정비용		1~2.5톤 트럭 1대
차량구입비	17.00	
소 계	17.00	
2.연간운영비		기사 1인
인건비	19.20	200,000원/월/대
유류비	2.40	
보험료	1.40	
차량 수리비 등	0.75	34,000원/반기/대
환경개선부담금	0.068	
소 계	23.818	
톤 당 수거·운반비	10,640원/톤	할인율=5%

자료 : 김광임·최상기, 음식물쓰레기 처리방법별 기술 및 비용편익분석 연구, 한국환경정책·평가연구원, 1997.12

4.2.5.2 재활용 방법별 처리비용

인천시에서는 아직까지 음식물쓰레기 재활용을 위한 대규모의 시설이 운영되고 있지 않아 국내에서 운영 중에 있는 음식물쓰레기 재활용 방법별 처리비용을 기초로 하여 3.1.2.3절에서 음식물쓰레기 재활용 방법별 톤 당 처리비용을 산출하였다. 재활용 방법별 톤 당 처리비용은 건식사료화가 79,683원/톤으로 가장 높고 습식사료화가 25,993원/톤으로 가장 적은 것으로 조사되었다. 이때 건식사료화는 생산된 사료를 판매하므로 이로 인한 수입을 처리비용에서 제외하였고 퇴비화와 습식사료화에 의한 부산물은 현재까지는 무상제공되는 경우가 대부분으로 무상제공을 기준으로 처리비용을 산정하였다.

사례별로 조사된 처리방법을 기초로 하여 1가구가 한 달간 부담해야하는 음식물쓰레기 처리비용을 산출하면 호기성퇴비화 1,900원, 혐기성퇴비화 2,442원, 건식사료화가 2,908원, 습식사료화 949원으로 재활용 방법에 따라서 949원~2,908원으로 나타났다. 1가구의 처리비용은 인천시의 1인 1일 음식물쓰레기 배출량 0.3kg을 기준으로 1가구 4인이 한 달간 배출하는 음식물쓰레기의 재활용을 위한 비용이다.

<표 4-20> 재활용 방법별 처리비용

재활용 방법	호기성퇴비화	혐기성퇴비화	건식사료화	습식사료화
설치장소	난지하수처리장	경기도 의왕시	광주시분뇨처리장	도봉구
처리비용(원/톤)	52,063	66,890	79,683(93,729*)	25,993
비용부담액 (원/월·가구)	1,900	2,442	2,908(3,421*)	949

주 : *는 사료 판매비용을 고려하지 않은 처리비용

4.2.5.3 재활용 방법별 적정 수수료(안)

4.2.5.1과 4.2.5.2에서 산출된 음식물쓰레기의 수거·운반비용과 재활용 방

법별 처리비용을 합산하여 음식물쓰레기 kg당 수수료와 4인 기준 1가구의 음식물쓰레기의 수수료 부담액을 산출하면 <표 4-21, 4-22>와 같다.

수거·운반비(B)는 인천시 수거·운반 대행업체가 생활폐기물을 수거하여 수도권 매립지까지 운송할 때 소용되는 비용이다. 일반적으로 같은 지역의 음식물쓰레기와 생활폐기물을 수거·운반할 경우 음식물쓰레기의 수거·운반에 더 많은 비용이 소요된다. 그러나 음식물쓰레기를 재활용할 경우에는 음식물쓰레기를 수도권 매립지까지 운송하지 않고 인천시 내의 음식물쓰레기 재활용시설에서 처리하므로 운송거리가 짧고 음식물쓰레기의 밀도는 약 0.8kg/ℓ로 일반 생활폐기물의 밀도 0.2kg/ℓ보다 높기 때문에 재활용 시설까지 운송하는 횟수도 적을 것으로 판단되어 수거·운반비는 낮아질 수 있을 것으로 판단된다.

수거·운반비(C)는 <표 4-19>의 산출근거에 의하여 추정된 비용으로 재활용시설에서 부산물 사용처까지의 운송비는 부산물 사용자가 부담하는 것으로 가정하고 배출자에서 재활용시설까지 운송하는 1단계 비용만을 고려하여 음식물쓰레기 수수료를 제시하였다.

<표 4-21> 재활용 방법별 적정 수수료(안)

(단위 : 원/kg)

구 분	처리비용 (A)	수거·운반비[1] (B)	수거·운반비[2] (C)	수수료 (A+B)	수수료 (A+C)
호기성퇴비화	52	86	25	138	77
혐기성퇴비화	67	86	25	153	92
건식사료화	80(94*)	86	25	166(180*)	105(119*)
습식사료화	26	86	25	112	51

주 : *는 사료 판매비용을 고려하지 않은 소요비용

1) 1997년 인천시 생활폐기물 수거·운반 대행료 기준

2) <표 4-19>에서 1단계의 수거·운반비만 고려

음식물쓰레기 1kg을 수거하여 재활용시설까지 운반하여 재활용하는데 소요되는 비용은 재활용 방법별로 51원~166원 정도이다. 이를 1가구가 한 달간 음식물쓰레기 재활용을 위한 수수료 부담액으로 환산하면 1,862원~6,059원 정도가 된다.

<표 4-22> 1가구당 월 음식물쓰레기 적정 수수료(안)

(단위 : 원/월 · 가구)

구 분	처리비용 (A)	수거 · 운반비[1] (B)	수거 · 운반비[2] (C)	수수료 (A+B)	수수료 (A+C)
호기성퇴비화	1,898	3,139	913	5,039	2,811
혐기성퇴비화	2,446	3,139	913	5,585	3,359
건식사료화	2,920(3,431*)	3,139	913	6,059(6,570*)	3,833(4,344*)
습식사료화	949	3,139	913	4,088	1,862

주 : *는 사료 판매비용을 고려하지 않은 소요비용

1) 1997년 인천시 생활폐기물 수거 · 운반 대행료 기준

2) <표 4-19>에서 1단계의 수거 · 운반비만 고려

따라서 음식물쓰레기의 수거 방법을 전용용기를 이용하여 수거하고 음식물쓰레기의 배출량에 근거하여 수수료를 부과할 경우 51원/kg~166원/kg을 기준으로 부과하면 된다. 단독주택과 같이 전용용기를 이용한 수거가 어려울 경우에는 음식물쓰레기 전용봉투를 이용하여 수수료를 부과하고 이 때 음식물쓰레기의 밀도를 0.8kg/ℓ로 가정하면 ℓ당 41원~133원이다. 이를 20ℓ종량제봉투 가격으로 환산하면 820원~2,657원의 수수료에 전용봉투의 제작비용을 고려하여 실제봉투가격을 결정한다.

그러나 이러한 수수료의 부과는 음식물쓰레기의 재활용에 소요되는 비용을 100% 배출자가 부담한다는 원칙에서 출발한 것으로 처음부터 소요비용의 100%를 부과하기보다는 현재 생활폐기물의 종량제 봉투 판매액에 의한

처리비용의 자립도를 감안하여 초기 가격을 결정하고 점차적으로 그 부담 비율을 높여 가는 방향으로 한다.

참고로 남동구에서 98년 9월 연수구 3개 공동주택의 792세대를 대상으로 음식물쓰레기의 분리·수거 및 재활용을 위한 비용 부담의 정도를 설문조사 한 결과, 1,000원 25%, 1,000~1,300원 37%로 조사되어 본 연구에서 음식물 쓰레기의 수거·운반 및 재활용 비용의 100% 자립을 위한 비용부담액 1,862원~6,059원과는 차이가 있다. 그러나 이러한 일반시민의 생각은 배출자에 의해서 생활폐기물의 처리비용 부담율을 100%로 높이기 위한 종량제봉투의 가격을 점진적으로 인상하는 과정에서 변화될 것으로 예상된다.

V. 결론 및 정책건의

인천광역시의 생활폐기물 중에서 가장 높은 비율을 차지하는 음식물쓰레기는 그 특성상 부패가 빠르고 부패과정에서 악취와 침출수가 다량 발생된다. 또한 음식물쓰레기가 포함된 생활폐기물을 소각처리 할 경우 불안전 연소로 인한 대기오염 물질의 발생 가능성이 높다. 따라서 음식물쓰레기의 사료화 또는 퇴비화에 의한 재활용은 자원의 재순환이라는 긍정적 측면 이외에도 음식물쓰레기를 제외한 다른 생활폐기물의 처리효율을 높일 수 있다는 이점이 있다. 따라서 이 연구에서는 음식물쓰레기의 2011년까지의 배출량을 추정하고 이를 근거로 음식물쓰레기의 효율적인 재활용 방안을 다음과 같이 제시한다.

5.1 배출량 추정

○ 감량목표의 설정

감량 방법별 감량 효과를 고려하여 단독주택, 아파트, 연립·기타의 가정 배출원에서 식생활 문화의 개선을 통하여 연도별로 각각 10%, 15%, 20%의 음식물쓰레기 배출량을 감량한다. 발생원처리시설에 의한 감량은 발생원처리시설의 설치가 가능한 아파트 지역만을 대상으로 2001년까지 전체아파트 지역의 15%, 2006년 25%, 2011년 35%에 발생원처리시설을 설치하는 관리목표를 설정한다. 음식점의 음식물쓰레기 감량을 위한 방법으로는 주문식단제을 고려하여 2001년 20%, 2006년 30%, 2011년 40%의 음식점에 주문식단제를 정착하는 관리 목표를 설정한다.

<표 5-1> 음식물쓰레기 감량을 위한 배출원별 관리목표

(단위 : %)

구분	식생활문화개선			발생원처리시설			주문식단제 실시		
	2001	2006	2011	2001	2006	2011	2001	2006	2011
단독주택	10	15	20	-	-	-	-	-	-
아파트				15	25	35	-	-	-
연립·기타				-	-	-	-	-	-
음식점업	-	-	-	-	-	-	20	30	40

○ 배출량 추정

인천시의 음식물쓰레기배출량은 2001년 726.9톤/일, 2006년 749.1톤/일, 2011년 752.0톤/일로 증가하는 것으로 예측되었다. 각 자치구의 음식물쓰레기 배출량을 배출원별로 구분하여 살펴보면, 아파트가 2001년 187.9톤/일, 2006년 172.0톤/일, 2011년 151.1톤/일로 가장 많은 양의 음식물쓰레기를 배출할 것으로 예측되었다.

<표 5-2> 각 자치구의 음식물쓰레기 배출원별 배출량

(단위 : 톤/일)

구분		배출량	단독주택	아파트	연립·기타	공장	시장·상가	사무실	서비스업	음식점업
인천시	2001	726.9	112.7	187.9	87.1	51.8	86.1	27.1	19.5	154.7
	2006	749.1	113.5	172.0	87.7	49.8	99.3	31.4	22.6	172.8
	2011	752.0	110.8	151.1	85.6	49.8	109.6	34.8	25.1	185.3
중구	2001	42.0	6.7	11.1	5.1	3.1	4.5	2.0	0.8	8.8
	2006	48.6	7.6	11.4	5.8	3.3	5.9	2.6	1.0	11.0
	2011	53.2	8.1	11.0	6.2	3.6	7.1	3.1	1.3	12.8
동구	2001	15.6	2.5	4.2	2.0	1.2	2.3	0.7	0.4	2.4
	2006	15.0	2.4	3.7	1.9	1.1	2.5	0.7	0.4	2.5
	2011	14.4	2.3	3.1	1.7	1.0	2.6	0.8	0.4	2.5
남구	2001	96.5	14.9	24.8	11.5	6.8	11.4	3.8	2.2	21.0
	2006	93.4	14.1	21.3	10.9	6.2	12.4	4.1	2.4	22.0
	2011	89.1	13.1	17.8	10.1	5.9	13.1	4.4	2.5	22.3
연수구	2001	85.3	12.5	20.9	9.7	5.8	7.3	2.7	2.7	23.8
	2006	94.6	13.5	20.5	10.4	5.9	9.0	3.4	3.3	28.5
	2011	107.2	14.9	20.3	11.5	6.7	11.3	4.2	4.2	34.3
남동구	2001	112.9	17.4	29.1	13.5	8.0	14.5	4.2	2.7	23.5
	2006	113.7	17.2	26.0	13.2	7.5	16.4	4.8	3.1	25.6
	2011	113.2	16.6	22.6	12.8	7.5	18.0	5.2	3.4	27.1
부평구	2001	151.6	23.5	39.1	18.1	10.8	19.3	5.7	3.7	31.4
	2006	151.3	22.9	34.7	17.7	10.0	21.6	6.4	4.2	33.9
	2011	137.2	20.2	27.5	15.6	9.1	21.6	6.4	4.2	32.7
계양구	2001	80.2	12.6	21.0	9.8	5.8	8.8	2.8	2.8	16.5
	2006	77.3	11.9	18.1	9.2	5.2	9.6	3.0	3.1	17.3
	2011	68.7	10.3	14.1	8.0	4.6	9.4	3.0	3.0	16.3
서구	2001	116.3	18.5	30.9	14.3	8.5	15.4	4.3	3.5	20.9
	2006	126.9	19.8	30.0	15.3	8.7	18.9	5.3	4.3	24.7
	2011	138.6	21.1	28.7	16.3	9.5	22.8	6.4	5.1	28.7
강화군	2001	22.3	3.4	5.6	2.6	1.6	2.2	0.9	0.5	5.5
	2006	23.8	3.5	5.3	2.7	1.5	2.7	1.0	0.6	6.3
	2011	25.4	3.7	5.0	2.8	1.6	3.2	1.2	0.7	7.2
옹진군	2001	4.2	0.7	1.1	0.5	0.3	0.3	0.1	0.2	0.9
	2006	4.3	0.7	1.0	0.5	0.3	0.4	0.2	0.2	1.0
	2011	5.1	0.8	1.1	0.6	0.3	0.5	0.2	0.3	1.3

5.2 인천광역시 음식물쓰레기 재활용 방안

5.2.1 재활용 방안 수립 원칙 설정

○ 재활용 목표의 설정

음식물쓰레기의 재활용 목표는 인천시폐기물처리기본계획 및 인천의제21의 음식물쓰레기 재활용 목표와 수도권매립지의 음식물쓰레기 반입 금지 계획을 감안하여 배출원에서 1차 감량 후 배출되는 음식물쓰레기를 2001년 35%, 2006년 95%, 2011년 98%로 설정하고 이에 따른 음식물쓰레기의 재활용 계획을 수립한다.

○ 재활용 방법에 따른 배출원 선정기준

퇴비화에 의한 음식물쓰레기 재활용은 소량의 음식물쓰레기가 여러 지역에서 배출되고 수거가 어려우며 변질의 우려가 있는 단독주택, 연립주택, 공장, 사무실이 밀집되어 있는 지역을 우선 대상으로 한다.

사료화를 위한 음식물쓰레기의 배출원은 수집과 운반이 용이하고 비교적 양질의 음식물이 다량으로 배출되는 배출원으로 선정한다. 따라서 아파트 등 공동주택지역과 음식점, 시장·상가, 감량의무사업장 등 양질의 음식물쓰레기가 다량으로 배출되는 배출원에 대해서도 사료화 방안을 모색한다.

○ 재활용시설의 선택기준

퇴비화시설의 제한요인으로 작용하는 부지면적, 악취, 폐수발생 등을 고려하여 대도시 지역에서 음식물쓰레기의 배출원과 인접한 지역에 퇴비화 시설을 설치하기 위한 방법으로는 기계식퇴비화 시설이 적절하고 시설의 설치 및 운영조건에 따라서 호기성 또는 혐기성 퇴비화 방안을 선택한다.

사료화 방법의 선택은 지역여건과 축산농가와의 연계 방안을 감안하여 소도시지역으로 축산농가가 인접한 지역에서 발생되는 음식물쓰레기는 습식사료화가 가능하고 다량의 음식물쓰레기를 대규모로 재활용하기 위한 방안으로는 건식사료화 방안이 적절하다.

○ 재활용시설의 운영주체 및 부산물 활용의 원칙

대규모의 퇴비화 또는 사료화 시설을 설치 운영할 경우 인천시나 자치단체에서 직접 건설·운영하기보다는 시설설치와 운영측면에서 민간업자를 최대한 활용하는 방안을 우선적으로 모색하고 이를 위한 방법으로 음식물쓰레기의 수거·운반 대행, 부지제공, 처리비용 보조 등의 간접 지원 방안을 모색한다. 민간업자에 의한 재활용 시설의 설치가 어려운 지역에 대해서는 인천광역시나 자치구에서 재활용시설을 확보한다.

재활용시설에서 생산된 부산물의 수요처로는 인천광역시를 우선 고려 대상으로 하여 사료는 강화군이나 타 지역의 축산농가와 연계·판매 방안을 모색하고 퇴비의 수요처는 인천시에서 현재 소비하는 퇴비의 대체와 시유림 또는 도로변 녹지에 퇴비를 시비하는 등의 자체내 수요처 확보에 힘쓴다.

5.2.2 수거·운반체계 구축

○ 음식물쓰레기 분리배출의 법적 근거 마련

구청장은 음식물쓰레기의 수집·운반 및 재활용의 촉진을 위하여 음식물쓰레기의 분리 배출지역 지정 및 배출방법과 수수료의 징수 방법을 조례와 시행규칙으로 정하여야 한다. 폐기물관리법에 근거하여 제정되는 각 자치구의 조례 및 시행규칙은 음식물쓰레기를 분리 배출해야하는 지역 및 배출원을 규정하고 이에 따른 수거·운반 방법, 배출방법, 배출용기, 배출장소, 수수료 산정기준 및 부과방법 등이 구체적으로 명시되어야 한다.

○ 분리배출 및 수거·운반 지역의 단계적 확대

분리배출 및 수거·운반 지역의 확대는 음식물쓰레기 재활용 시설의 확충계획을 고려하여야 한다. 본 연구에서 제시한 음식물쓰레기의 재활용 목표 2001년 35%, 2006년 95%, 2011년 98%를 달성하기 위해서는 2001년까지 퇴비화의 대상 배출원인 단독주택, 연립주택에서 배출되는 음식물쓰레기의 30%를 분리배출 및 수거·운반하고 사료화 대상 배출원인 공동주택, 음식

점, 시장에서 배출되는 음식물쓰레기는 50%를 분리배출 지역으로 지정 고시하여야 한다. 또한 2006년의 95%와 2011년의 98%의 재활용 목표 달성을 위해서는 모든 배출원을 분리배출 지역으로 지정한다.

○ 음식물쓰레기의 배출 및 수거·운반 방법

음식물쓰레기 배출지역의 여건 및 배출원의 특성을 감안하여 차량의 접근이 용이하거나 배출원이 밀집된 지역은 전용용기를 사용하고 차량의 진입과 공동배출이 어려운 지역은 투명한 음식물쓰레기 전용봉투를 사용한다.

공동주택과 감량의무사업장은 민간처리업체와의 상호계약을 통한 처리를 원칙으로 하고 민간업자에 의한 수거·운반 및 처리가 어려운 일반주택과 상가지역은 자치단체에 의한 처리 또는 자치단체에 의한 대행업체의 선정 방법을 고려한다. 수수료의 산정기준은 처리비용에 근거한 징수를 원칙으로 하고 징수방법은 민간업자와의 상호계약에 의한 처리일 경우는 배출량에 근거한 개별부과 방식을 채택하고 일반주택의 경우는 음식물쓰레기 전용봉투를 이용하여 부과하되 배출원별 수수료의 산정기준은 일치하여야 한다. 음식물쓰레기 분리배출 지역의 지정은 음식물쓰레기 재활용 시설의 확충계획과 배출량을 고려하여 지정지역을 확대한다.

<표 5-3> 음식물쓰레기의 배출원별 배출방법 및 처리비용 부과방법

구분	수거·운반 및 처리방법	배출방법	수수료 산정	부과방법
공동주택	전문처리업체와의 상호계약	지정된 장소의 공동수집용기에 배출	처리비용에 근거	배출량을 계근하여 납부고지서에 의해 징수
일반주택 상가지역	자치단체 또는 민간대행업체	음식물쓰레기 전용봉투	처리비용에 근거	음식물쓰레기 전용 봉투에 포함하여 징수
감량의무 사업장	자가처리 또는 전문처리업체와의 상호계약	위탁처리업자와 협의 결정	개별계약	개별계약

5.2.3 재활용 시설의 적정규모

○ 인천시 초기 퇴비화 시설의 적정규모

인천시의 1997년 자체퇴비 사용량은 280.8톤/년으로 2,955만원의 예산을 사용하였다. 또한 예상 퇴비사용처로 인천시 시유림 지역에 주기적인 퇴비의 공급을 가정하여 퇴비사용량을 추정한 결과 589.9톤/년으로 예상되었다. 따라서 초기 퇴비화 시설의 적정용량은 870.7톤/년으로 1일 퇴비생산량 2.4톤 규모의 시설이 적정할 것으로 판단된다. 이를 호기성 퇴비화 시설의 경우로 환산할 경우 20~25톤/일 규모가 적정하리라 판단된다. 따라서 초기 퇴비화 시설의 건설은 퇴비화 시설의 설치와 운영과정에 대한 충분한 검토과정을 거친 후 점차적으로 퇴비화 시설의 수와 용량을 늘려 나가는 방향으로 추진한다.

○ 각 자치구별 재활용시설의 필요규모

퇴비화를 위한 배출원 선정 기준에 근거하여 퇴비화를 추진할 경우 목표년도별 퇴비화시설의 필요규모는 2001년 59.9톤/일, 2006년 270.4톤/일, 2011년 292.0톤/일로 2006년까지 퇴비화시설의 건설을 완료하도록 한다. 또한 사료화 대상 음식물쓰레기의 양은 2001년 193.0톤/일, 2006년 444.1톤/일, 2011년 445.9톤/일이다.

○ 처리권역별 재활용 시설의 필요규모

인천시의 장기적인 폐기물 관리방안으로 현재의 자치구별 처리체계를 처리권역별 처리체계로 전환하기 위하여 지역적 특성과 재활용시설의 입지조건을 고려하여 처리권역을 구분한 결과, 제1처리권역은 서구, 동구, 중구, 제2처리권역은 계양구와 부평구, 제3처리권역은 남구, 연수구, 남동구, 제4처리권역은 강화군으로 구분되었다. 처리권역별 재활용 시설의 필요규모를 <표 5-5>에 제시하였다.

<표 5-4> 각 자치구별 재활용 시설의 필요규모

(단위 : 톤/일)

구 분	2001년		2006년		2011년	
	퇴비화시설	사료화시설	퇴비화시설	사료화시설	퇴비화시설	사료화시설
인천시	59.9	193.0	270.4	444.2	292.0	445.9
중 구	3.5	11.0	18.0	28.3	21.3	30.9
동 구	1.4	4.0	5.7	8.6	5.9	8.2
남 구	7.9	25.8	33.3	55.8	34.2	53.2
연수구	6.7	23.4	32.5	58.0	39.5	65.9
남동구	9.3	30.2	40.5	68.0	43.4	67.7
부평구	12.5	40.4	54.3	90.2	52.8	81.8
계양구	6.7	20.9	28.7	44.9	27.6	39.8
서 구	9.9	30.2	47.3	73.6	55.6	80.3
강화군	1.8	6.0	8.4	14.3	9.6	15.3
옹진군	0.4	1.1	1.7	2.5	2.1	2.8

<표 5-5> 처리권역별 재활용 시설의 필요규모

(단위 : 톤/일)

구분	2001년		2006년		2011년	
	퇴비화시설	사료화시설	퇴비화시설	사료화시설	퇴비화시설	사료화시설
인천시	59.9	193.0	270.4	444.2	292.0	445.9
제1처리권역	14.7	45.2	80.1	110.5	86.7	119.4
제2처리권역	19.2	61.3	93.6	135.1	84.3	112.6
제3처리권역	23.8	79.4	120.1	181.8	122.7	186.8
제4처리권역	1.8	6.0	9.5	14.3	10.1	15.3

○ 재활용에 따른 파급효과

음식물쓰레기 재활용 목표 2001년 35%, 2006년 955, 2011년 98%를 달성할 경우 2001년 전체 생활폐기물 배출량의 11.6%, 2006년 30.3%, 2011년 23.4%의 감소효과가 있다.

5.2.4 재활용 시설의 효율적인 설치 및 운영 방안

○ 퇴비화시설 설치 및 운영방안

퇴비화에 의한 음식물쓰레기의 재활용 방법은 배출자와 퇴비생산 민간업자와의 상호개별 계약에 한계가 있다. 따라서 어떤 형태로든 퇴비화 시설의 건설과 운영에 인천시나 자치구가 관여하여야 한다. 자치단체에서 직접 시설을 설치·운영할 경우 고정적이고 안정적인 음식물쓰레기의 퇴비화가 가능한 반면 행정적, 재정적인 부담을 안게 된다. 따라서 민간업자를 최대한 활용하여 퇴비화 시설을 설치·운영하고 이에 대한 간접 지원방안으로 수거·운반의 대행, 중간수집용기의 보급, 처리비용의 보조 등의 방법을 강구하는 것도 바람직하다. 그러나 단독 주택이나 정원이 있는 가정에서 배출되는 음식물쓰레기의 1차 퇴비화를 위한 가정용 퇴비화용기의 보급은 자치단체에서 주도적으로 시행하는 것이 효과적이다.

○ 사료화 시설의 설치 운영 방안

사료화에 의한 음식물쓰레기의 재활용 방법은 민간업자에 의한 접근이 비교적 용이하다. 따라서 자치구는 사료화 시설의 건설에 직접 참여하기보다는 사료화 시설 건설을 위한 간접 지원 방안을 모색한다. 또한 처리비용 확보 방안으로는 인천광역시나 자치구는 음식물쓰레기 사료화에 의해서 발생하는 생활폐기물 처리비용의 절감부분을 민간업자에게 지원하고 배출자가 수집·운반 및 처리비용을 부담하는 수수료 체계를 확립한다.

5.2.5 음식물쓰레기 적정 수수료(안)

○ 1가구 부담 수수료

음식물쓰레기 수거·운반비용과 국내에서 운영되고 있는 재활용방법별 처리량을 기준으로 1㎏ 당 수수료를 산정한 결과, 51원~166원이고 이를 4인 기준 1가구의 한 달간 수수료 부담액으로 환산하면 1,862원~6,059원 이다.

<표 5-6> 재활용 방법별 적정 수수료(안)

구 분	1㎏ 당 수수료(원/㎏)		1가구당 수수료(원/월·가구)	
	수수료[1]	수수료[2]	수수료[1]	수수료[2]
호기성퇴비화	138	77	5,039	2,811
혐기성퇴비화	153	92	5,585	3,359
건식사료화	166(180*)	105(119*)	6,059(6,570*)	3,833(4,344*)
습식사료화	112	51	4,088	1,862

주 : *는 사료 판매금액을 고려하지 않은 처리비용
1) 1997년 인천시 생활폐기물 수거·운반 대행료를 수거·운반비로 고려
2) <표 4-19>에서 1단계의 수거·운반비를 수거·운반비로 고려

○ 수거방법별 수수료

전용용기를 이용하여 음식물쓰레기 배출량에 근거하여 수수료를 부과할 경우 51원/㎏~166원/㎏을 기준으로 부과하고 단독주택과 같이 전용용기를 이용한 수거가 어려워 음식물쓰레기 전용봉투를 이용하여 수수료를 부과할 경우에는 ℓ당 41원~133원 기준으로 수수료를 부과한다.

이러한 수수료의 부과는 음식물쓰레기의 재활용에 소요되는 비용의 100%를 배출자가 부담한다는 원칙에서 출발한 것으로 처음부터 소요비용의 100%를 부과하기보다는 초기 수수료 부담율은 현재 생활폐기물의 처리자립도를 감안하여 결정하고 점차적으로 그 부담 비율을 높여 가는 방향으로 한다.

참 고 문 헌

Ⅰ. 국내문헌

김광임 · 최상기, 음식물쓰레기 처리방법별 기술 및 비용편익분석 연구, 한국환경정책 · 평가연구원, 1997.12

김남천, 음식물찌꺼기의 가축사료화 방안, 음식물찌꺼기 사료화 심포지엄 자료, 1998.2

김민수, 음식물쓰레기 사료화 시설의 수거 및 처리현황, 음식물찌꺼기 사료화 심포지엄 자료, 1998.2

김승도 등, 강남구 통합폐기물 관리방안의 구축 및 음식물쓰레기의 재활용에 대한 연구, 한국환경정책 · 평가연구원, 1996.10

박후원 등, 음식물쓰레기 퇴비화시설 타당성 연구, 서울시정개발연구원, 1993.12,

법제처, 폐기물관리법, 1999

비료공업협회, 비료연감, 1997

서울대학교 환경대학원, 강동구를 대상으로 한 음식물쓰레기 감량화 방안 연구, 1997.1

서울특별시 양천구, 쓰레기 어떻게 처리되고 있는가?, 1997.2

서울특별시, 일반폐기물 단계별 처리비용 및 환경미화원 적정 과업량, 1994.5

수원환경운동센터, 음식물쓰레기 적정처리 방안 모색을 위한 시민토론회, 1996.11

신항식, 퇴비관련 법제 및 제품표준화 연구, 한국자원재생공사, 1996.12

_____, 퇴비화 촉진을 위한 쓰레기 수거체계의 확립, 한국자원재생공사, 1996.12

_____, 파일로트 플랜트 퇴비화시설의 운전특성 및 개선방안, 한국자원재생공사, 1996.12

_____, 퇴비제품의 안정성 및 효용성 평가, 한국자원재생공사, 1996.12
유기영, 도시쓰레기 배출특성해석을 위한 기법 개발, 서울시립대 대학원 박사학위논문, 환경공학과, 1995
_____, 음식물쓰레기 감량 및 자원화 방안, 서울시정개발연구원, 1997
유희찬, 지역특성과 분리수거형태를 고려한 일반폐기물 관리시스템의 최적화, 한국과학기술원 대학원 박사학위논문, 1993.2
윤하연 등, 음식물쓰레기 호기성 퇴비화 시설의 설계변수 및 운전조건 도출에 관한 연구, 폐기물학회지, Vol. 11, No. 3, 1994
윤하연, 인천광역시 생활폐기물 관리계획 수립을 위한 기초연구, 인천발전연구원, 1997
이영철, 인천 연수지역 사료화 운동 사례, 남은 음식물 사료화운동 활성화를 위한 지역활동가 워크샵, 1998.11
이정임, 음식물쓰레기 재활용 방안에 관한 연구, 경기개발연구원, 1998.11
인천광역시 남동구, 음식물쓰레기 분리·배출 실시를 위한 주민설명회 자료, 1998.10
_____, 음식물쓰레기 자원화 시설 가동결과 보고, 1998.12
인천광역시, 음식물쓰레기감량화사업5개년계획, 1996
_____, 인천광역시폐기물처리기본계획, 1997
_____, 인천도시기본계획, 1997.6
_____, 인천통계연보, 1998
_____, 생활폐기물의 효율적인 처리 및 원가산정에 관한 연구, 1995.11
_____, 환경백서, 1998
_____, 환경보전장기종합계획, 1998
통계청, 1994 기준 사업체기초통계조사보고서, 1995.12
_____, 1995 인구주택 총조사 속보, 1995.11
_____, 1995 인구주택 총조사 잠정보고서, 1995.11
한라중공업주식회사, 음식물쓰레기 처리설비, 1998

환경관리공단, 수도권매립지 폐기물 반입 통계자료집(92.2~97.12), 1998.2
환경부, 96전국폐기물 통계조사, 1997.8
_____, 국가폐기물관리종합계획(안), 1996.7
_____, 음식물쓰레기 감량의무사업장 관리 및 재활용 촉진을 위한 지침, 1997.7
_____, 음식물쓰레기 관리정책과 기술동향과 감량화·자원화 실천사례, 1997.2
_____, 음식물쓰레기 자원화 기본계획(1998~2002), 1998.9
_____, 음식물쓰레기 줄이기 실무자료집, 1998.1
_____, 전국폐기물 발생 및 처리현황, 1988~1998
한국원재생공사, 폐기물예치금·부담금 요율의 적정조정 방안, 1995.10

Ⅱ. 외국문헌

Biocycle, "Biocycle Nationwide Survey", 1996.4
Biocycle, "Composting and Recycling at Indiana Prisons", 1998.5
Department of Environment and Welsh Office, "Making Waste Work : A strategy for sustainable waste management in England and Wales," 1995.12
EPA, 「Waste Characterization Report」, Franklin Assoc., 1995
Gies, Glenda, "The State of Garbage in Canada, Biocycle", 1997.3
Henderson, Paul J., "Anaerobic Digestion in Rural China", Biocycle, 1997.1
Lund, Herbert F., 「The Mcgraw-hill Recycling Handbook, Inc.」, 1993
Quincy, Illinois Solid Waste Collection Details, Http://www.i.quincy.l.us/anhome/solid.html
Http://www.epa.gov/epaoswer/waste
Http://www.moenv.go.kr

[연구보고서 98-11]

인천광역시 음식물쓰레기의 배출량 추정 및 재활용 방안

발 행 인 : 이 철 규
발 행 일 : 1999년 6월
발 행 처 : 인천발전연구원

■404-190 인천광역시 서구 심곡동 산64-1
■전화 : 565-4521~6 ■팩스 : 565-4527
■홈페이지 : http://www.idi.re.kr

* 출처를 밝히는 한 자유로이 인용할 수 있으나 무단전재나 복재는 금합니다.
* 이 보고서의 내용은 연구책임자의 견해로서 인천광역시의 정책적 입장과는 다를 수 있습니다.