환경영향평가 제9권 제1호 : 87~98

환경적으로 지속가능한 개발을 위한 폐기물의 통합적 관리 방안

홍상표* · 남기창**
서울보건대학 환경보건학과*, 청주대학교 환경공학과**

Integrated Solid Waste Management for the Environmentally Sound and Sustainable Development

Hong, Sang-Pyo* · Nam, Kie-Chang**
Dept. of Environmental Health, Seoul Health College*
Dept. of Environmental Engineering, Chongju University**

Abstract

The costs of solid waste management have continued to increase. Stricter environmental regulations have been applied to waste management units. Future integrated solid waste management should be balanced between source reduction, recycling, energy recovery, and land disposal. To achieve more balanced solid waste management programs, more local governments must adopt diversion and recycling goals and finance to meet those goals.

The hierarchy of integrated solid waste management must be enforced in a manner that is flexible enough to allow local governments to implement waste management facilities that match the communities' ability to pay for them. In establishing a hierarchy of integrated solid waste management, local governements have difficulties in implementing source reduction and recycling because of a lack of local control and inability to pay for new facilities.

Integrated solid waste management involves selecting compatible options for facilities to manage the collection, recovery of energy and materials(transformation), and disposal of solid wastes efficiently. Waste Collection, transformation, and disposal must support source reduction and recycling activities.

Keyword: Integrated solid waste management, Source reduction, Waste collection, Waste transformation, Waste diversion

I. 서 론

폐기물의 통합적 관리는 해당 지역의 특정상황에 부합되게 환경오염 예방, 공중보건 향상, 도시미관 향상 등의 폐기물관리 목표를 달성하기 위하여 적합한 과학기술 및 관리 프로그램을 선택하여 적용하는 것으로 정의될 수 있다. 폐기물의 통합적 관리의 位階(hierarchy)는 특정 지역사회에서 폐기물관리 프로그램을 집행하는데 있어 우선순위(priority)를 정하는 것을 의미한다. 폐기물의 통합적 관리의 位階에서 매립이나 소각이 전통적으로 높은 우선순위를 차지했으나, 요즈음은 그 우선순위가 감량화 및 재활용에 뒤로 밀리고 있다.

폐기물관리에 있어서는 폐기물의 수거, 자원회수, 최종처분에 관련된 시설을 얼마나 효율적으로 관리할 수 있는가에 근거해서 현실가능한 대안들을 선택해야 한다. 폐기물관리 담당자는 여러 가지 가능한 선택 대안 중에서 적합하게 결정하여 폐기물관리에 관련된 문제를 해결해야 한다. 폐기물관리를 위한 시설에 관련된 여러 가지 대안은 폐기물의 물리적 특성, 폐기물 처리의 환경영향, 폐기물 관리의 경제성 및 사회적 수용성을 고려해서 해당 지역사회의 특성에 근거해서 평가되어야 한다.

본 연구에서는 환경적으로 지속가능한 발전을 위한 폐기물의 통합적 관리에 관련된 전반적 운영방안에 관해 먼저 고찰해 보고, 그 다음에 폐기물의 감량화, 수거, 소각 및 매립 같은 구체적 운영방안에 관해 검토해 보고자 한다.

II. 폐기물의 통합적 관리를 위한 전반적 운영방안

1. 폐기물의 통합적 관리를 위한 계획

지역사회에서 폐기물의 통합적 관리를 위한 계획을 개발하고 집행하기 위해서는 국가의 법률을 준수하면서 해당 지역사회의 폐기물관리의 목표를 충족시켜 줄 수 있는 대안 및 과학기술을 적절히 결합해서 선택해야 된다. 관련된 과학기술 및 대안의 적절한 결합, 미래의 변화에 맞출 수 있는 융통성, 그리고 감시 및 평가에 대한 필요성 등이 폐기물의 통합적 관리를 위한 계획에 반영되어야 한다.

(1) 대안 및 과학기술의 적절한 결합

폐기물 관리를 위한 유용한 대안 및 과학기술은 현재 매우 다양하게 개발되고 있다. 이러한 다양한 폐기물 관리의 대안 중에서 재활용, 소각, 매립의 적절한 비율을 결정하기는 어렵다. 또한 배출원 분리, 퇴비화 및 사료화, 그리고 매립지에서의 압축비율 등에 적용해야 하는 과학기술의 수준을 어떻게 결정해야 되는지도 곤란하다. 그리고 폐기물의 통합적 관리에 적용되는 과학기술의 적용시점을 결정하기도 어렵고 이러한 의사결정과정 자체도 어렵기는 마찬가지이다. 효과적인 폐기물의 통합적 관리 체계를 개발하기 위해서는 폐기물의 흐름 특성, 여러 가지 과학기술의 구체적 성능, 소요되는 비용에 관련된 적절한 정보 등에 관련된 신뢰성 높은 자료의 확보가 관건이 된다.

(2) 미래의 변화에 맞출 수 있는 융통성

폐기물의 발생특성 및 성상은 미래에 변동될 수 있는데 이에 대응할 수 있는 능력은 폐기물의 통합적 관리에 있어 매우 중요하다. 이를 위해서는 중요한 요소로 고려해야만 되는 것으로 폐기물 발생량 및 화학적 조성의 변동, 재활용되는 물질의 시장성 및 규격(specifications), 과학기술의 급속한 발전 등이 있다. 이러한 요소를 상세히 분석한 토대 위에 폐기물의 통합적 관리를 계획하고 설계한다면 해당 지역사회는 지역적 또는 국가적 차원에서 발생될 수 있는 예상 외의 변동에도 대처해 나갈 수 있다.

(3) 감시 및 평가

폐기물의 통합적 관리는 프로그램의 목표 및 목적이 달성되는가를 결정하기 위한 지속적인 감시 및 평가를 필요로 한다. 지속적으로 진행되는 감시 및 평가 방안을 개발하여 집행하는 것에 의해서만 폐기물 특성의 변화, 재활용 물질의 시장성 및 규격의 변동, 그리고 새롭게 향상된 폐기물 관리기법을 반영하여 폐기물의 통합적 관리체계를 시의적절하게 조정할 수 있다.

2. 폐기물 관리체계의 환경친화적 운영

폐기물 관리체계 운영자는 기획, 예산, 재무 및 인사 같은 폐기물관리 位階에 관련된 사항을 집행하기 위한 의사결정 및 행정조치에 관해 책임감을 가져야 한다. 왜냐하면 폐기물의 원천감량 및 재활용은 새로운 폐기물 관리기능이기 때문에 비용 상승을 초래하기 때문이다. 폐기물 관리 책임자는 효율성과 비용절감 차원에서 폐기물관리의 여러 대안을 비교평가해야 된다. 폐기물의 통합적 관리체계에서 수거, 소각 및 최종처분에 연관된 여러 조치 및 설비 투자의 비용이 계속 상승하고 있다. 그래서 이러한 조치 및 설비투자는 비용절감의 기회라는 차원에서 세밀하게 검토될 필요가 있다.

폐기물의 통합적 관리를 위한 계획 및 의사결정 과정에 해당지역의 주민참여 수준은 시공간적으로 변동될 수 밖에 없다. 행정기관의 정책 및 사업계획 결정과정에 주민참여 기회를 점차적으로 확대시키는 것이 세계적 추세이다. 폐기물의 통합적 관리를 위한 계획에 주민참여를 성공적으로 만들려면 해당지역의 사업계획, 정부기관 및 시민에 알맞는 주민참여 프로그램을 실시해야만 된다.

폐기물 관리체계의 환경친화적 계획 및 공학적 운영에는 사회적, 정치적 및 기술적 요소를 고려해야 한다. 이러한 모든 요소를 조합하는데는 해당 지역사회의 의사결정자가 해결해야만 되는 일련의 사안들이 있게 된다. 폐기물의 통합적 관리에 관련된 일부 현안 및 미래에 생길 수 있는 사안들을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 폐기물관리 현안

1) 실행 가능하면서도 환경보호가 가능한 규제기준의 설정

폐기물관리의 여러 단위는 점차로 강화되는 환경관계법규의 규제를 받게된다. 환경규제에 관심을 두는 것은 바람직하고 필요한 것이지만, 지나치게 규제기준에 집착하다 보면 폐기물관리 운영에 종종 실패를 초래할 수도 있다. 관계당국에서 폐기물에 섞여 있는 유해폐기물 관리를 적절히 하지 못하게 되면 실상을 아는 시민들로부터 질책을 받을 수 있으며, 과학적 자료로 무장한 환경단체 및 시민단체의 법률가들로부터 곤혹을 치를 수도 있다.

2) 자료해석을 위한 과학적 방법의 개선

폐기물의 과학적 관리를 위하여 분석장비, 분석실험실 및 자료축적을 위해서 많은 재원이 투자되었지만 자료해석을 위한 통일된 기준이 확립되어 있지 못한 상황이다. 분석장비와 분석기법은 ppb에서 ppt에 이를 정도로 정교해졌는데 이러한 정밀도가 폐기물관리에 긍정적인 효과를 미치도록 해야 한다. 과학적 분석의 의미는 작은 분량의 유해물질이 환경 및 인간에 미치는 영향을 이해하기 위한 것이다. 그러나 어느 수준의 자료를 어느 때에 일반국민에게 제공할 것인가에 대해서 그리고 자료수집 및 해석에 일반국민이 어떻게 참여할 것인가에 대해서는 해당 지역주민의 합의가 필요하다.

3) 특별한 폐기물관리가 요구되는 유해하거나 독성이 있는 폐기물의 분리

폐기물은 가정, 회사 및 상점에서 버려지는 이질적인 혼합물로 이루어져 있다. 표백제, 살충제,

페인트 같이 비록 양은 적더라도 유독한 폐기물이 있다. 이러한 소량의 유독성 폐기물을 소각하거나 매립지에 처리하는 것보다는 고도로 통제되는 지정폐기물로 분류해서 처리하는 것이 바람직하다. 또한 유독성 폐기물의 보관 및 수거방법, 유독성 폐기물의 규정 및 관리는 행정기관, 지역주민, 폐기물관리 전문가 등으로 구성되는 폐기물관리 지역협의회에서 결정해야 된다.

4) 폐기물관리체계 개선을 위한 비용 부담

폐기물관리에는 비용이 별로 들지 않는 것으로 인식해 온 것이 오랜 전통이다. 그러나 시민의 환경의식이 성장하면서 폐기물관리체계가 환경친화적으로 개선되었고 이 때문에 폐기물관리비용이 상승되었다. 상승된 폐기물관리 비용은 폐기물발생자의 책임이다. 폐기물처리비용을 어떻게 소비자에게 부담시키며, 소비자는 상품구매 또는 상품폐기 중 어느 때에 부담해야 하는가의 문제가 있다. 또한 폐기물은 서서히 분해되기 때문에 매립지의 장기적 관리비용을 누가 부담해야 하는가의 문제도 있다.

5) 도심지 또는 도시 외곽에의 쓰레기 처리시설 입지

폐기물관리 시설은 도심지에 설치하기가 곤란하다. 지역주민들은 쓰레기관리 시설을 노천투기장 또는 오염물질 및 악취를 내뿜는 소각장 정도로 의심의 눈초리를 보낸다. 그러나 생활쓰레기를 가장 많이 배출하는 지역은 도심지이다. 그래서 도시의 토지이용계획을 입안할 때에 폐기물처리시설의 설치는 심각한 도전에 직면하게 된다. 매립지로서 환경적으로 적합한 토지를 확보할 수 있는가, "환경적으로 적합"하다는 기준을 누가 결정하는가, 도시와 시골지역에는 서로 다른 환경기준을 적용할 수 있는가, 그리고 확인된 과학적 근거는 일반 국민의 의심을 만족시켜 줄 수 있는가 등이 문제가 된다.

6) 폐기물관리체계를 개발운영할 수 있는 역량있는 관리자 육성

폐기물관리체계는 점점 복잡해지고 대형화되고 있기 때문에 여기에 맞는 전문관리자를 육성해야 한다. 특히, 폐기물의 통합적 관리에 요구되는 비용-효과 분석, 환경영향분석, 위해성 평가 등에 관해서 역량있는 전문관리자의 육성이 필요하다.

(2) 미래의 도전 및 기회

폐기물관리에 소요되는 막대한 비용의 부담은 쓰레기를 발생시키는 지역사회의 일반시민의 지지를 얻어야만 해결이 된다. 폐기물 처리를 위해 사회에 끼치는 환경적, 경제적 및 사회적 부담을 줄이도록 일반시민의 생활방식을 환경친화적으로 수정해야만 된다. 폐기물관리비용이 상당히 들더라도 국민적 관심사가 되면 개인적 또는 사회적 부담이 어느 정도 필요하여도 적절한 조치를 취해야 한다. 그러나 국민의 경제적 생활수준 향상과 다양한 종류의 1회용품 사용, 상품수명의 급격한 감소, 낭비의 철학 등에서 연유되는 폐기물의 발생은 불가피한 실정이다.

1) 소비습관의 환경친화적인 전환

상품의 소비는 자본주의 사회에서 자연스러운 행위이다. 한 사회는 소비하는 상품의 양과 질의 변화에 의해 생활수준이 변화된다. 또한, 생활수준이 변화됨에 따라 생활쓰레기의 발생량, 물리적 및 화학적 조성도 변화가 된다. 소비행위로부터 발생되는 생활쓰레기의 양을 감소시키기 위해서는 소비습관이 반드시 환경친화적으로 바뀌어야 한다. 소비를 유혹하는 광고의 압력에 의해 형성되어 온 과시적 및 낭비적 소비습관을 변화시키기 위한 노력이 필요하다.

2) 원천적 감량화

포장 및 쓸모없는 상품에 이용되는 원료의 양을 감소시키려는 노력과 폐기물 발생원에서 부터

재활용하려는 노력으로 자원의 낭비를 줄일 수 있다. 원천적 감량화는 천연자원을 보존하고 인류의 경제적 생존가능성을 높이는 환경친화적 대안이 될 수 있다.

3) 보다 안전한 매립지 건설

더 이상 재활용될 수 없는 폐기물은 매립 또는 해양투기를 통해 최종처분시킬 수 밖에 없다. 그래서 매립된 폐기물의 독성을 감소시키기 위한 각종 조치가 취해지고 있다. 매립지의 설계는 폐기물을 장기간 보관 또는 안정화시킬 수 있는 가능한 한 가장 안전한 장소가 될 수 있도록 개선되어져야 한다. 신규 매립지 건설 및 운영에 향상된 기법이 적용됨에 따라 기존 매립지에 대한 기반자료(data base)는 확충되어지고 있다. 기반자료가 확충되면 매립지 기능의 기작을 보다 잘 이해할 수 있는 기회를 마련할 수 있으며, 매립지를 보다 효과적으로 관리할 수 있는 바탕도 마련할 수 있다.

4) 폐기물관리 신기술 개발

폐기물 관리체계에 신기술이 적용될 수 있는 기회는 많다. 천연자원 보존에 가장 효과적이면서도 비용-효율적인 기술의 개발을 촉진하는 것이 바람직하다. 입증되지 않은 폐기물관리기술이 일부 지역에 무분별하게 적용되기도 하여 문제를 유발시키기도 한다. 따라서 신기술을 해당 지역사회에 적용시켜 검증하는 것은 폐기물의 통합적 관리에 있어 중요하다.

III. 폐기물의 통합적 관리를 위한 요소별 운영방안

1. 수거체계의 기계화

폐기물 수거, 소각 및 최종처분은 이제는 폐기물 감량화 및 재활용을 촉진할 수 있는 방향으로 맞추어지고 있다. 폐기물의 수거는 미화원이 직접 쓰레기를 들어올리는 육체적 수고를 줄이는 방향으로 기계화되고 있다. 기계화된 장비는 미화원수를 줄일 수 있어 장기적인 비용절감에 도움이 된다. 그러나 기계화의 정착에는 초기투자비용의 과다가 문제가 된다.

폐기물 수거의 대안을 확인, 평가 및 집행하는 것은 통합적 폐기물관리체계에서 가장 중요한 부분이다. 왜냐하면 폐기물관리 총비용의 50-70%가 수거비용으로 추정되기 때문이다. 재활용을 촉진하는데 효과적인 "자원절약 및 재활용 촉진에 관한 법률" 같은 환경관계 법규는 재활용품 수거비용 및 혼합된 폐기물 수거비용에 지대한 영향을 끼쳐왔다. 폐기물 소각 에 따른 대기오염물질 배출규제 법률 및 소각재 최종처분에 관련된 폐기물관리법은 가정에서 배출되는 유해폐기물 수거방식에 변화를 가져올 수 있다.

폐기물수거에 관련된 부문에서는 다양한 수거장비 및 미화원에 관련된 프로그램이 관심 사항이 된다. 수거장비를 기계화시킴에 따라 노동효율의 개선, 미화원 부상의 감소, 수거비용의 절감효과가 점증하는 추세이다. 수거체계를 기계화시키는 데는 재활용 목표의 법률적 또는 조례의 규정, 기계화를 위한 기술수준, 노동시장의 제약, 수거장비의 구매 경비 조달, 공공기구 및 민간기구의 참여 등이 관건이 된다.

매립지로 반입되는 폐기물을 매립되지 않도록 전환시키는데는 폐기물의 원천적 감량화 및 재활용 방법이 있다. 원천적 감량화는 공공정책 및 산업체의 관행에 따라 좌우되는데, 이 것은 일선 행정기관의 폐기물관리 운영자의 업무권한을 넘어설 수가 있다. 따라서 폐기물 재활용이 매립되는 폐기물을 줄이려는 지역사회에 가장 손쉽고 생산적인 방법이 될 수 있다.

재활용 목표와 폐기물 수거경로의 효율성 기준은 종종 갈등관계가 될 수 있다. 재활용을 위해서는 분리보관 및 분리수거가 필요하기 때문에, 쓰

레기를 혼합해서 수거해야 하는 기계화 방식의 효율을 떨어뜨릴 수 있다. 이러한 갈등에 의하여 야기되는 문제를 폐기물관리 책임자는 반드시 확인을 하여 명백한 공공정책을 통하여 해결해야 한다. 지역사회의 특정상황에 적합하게 폐기물 수거 및 재활용에 관한 조례를 제정하는 것이 수거 및 재활용에 관련해서 지역의회 같은 정치권에서 도와 줄 수 있는 직접적인 조치이다.

2. 에너지 회수형 소각

폐기물로부터 에너지를 회수하는 방법으로는 쓰레기를 소각하여 수증기를 생산하는 직접적인 방법과, 쓰레기를 연료로 전환하거나 필요한 용도에 이용될 수 있도록 연료 펠렛(pellet)으로 만드는 간접적인 방법이 있다. 에너지 회수방법의 선택은 열에너지 회수형 소각시설 및 회수된 에너지 판매로 인한 수익에 대한 주민의 반응 강도에 의해서 영향을 받게 된다. 폐기물 관리운영자는 매립비용이 매우 높던지 매립지의 추가확보가 곤란한 경우에 열에너지 회수형 소각시설을 선택하게 되는 것이다.

소각은 폐기물 부피를 80-90% 정도 줄일 수 있기 때문에 열에너지 회수형 소각시설은 통합적 폐기물관리의 중요한 부분이 된다. 그러나 폐기물 소각은 대기오염의 확산 때문에 지역분쟁의 원인이 되고 있는 상황이다. 열에너지의 회수는 폐기물의 열량 정도에 따라 결정되는 것으로 공급되는 폐기물의 양 및 질에 의해 적합성 여부가 결정된다. 따라서 열에너지 회수형 소각시설은 폐기물의 양과 질의 변동에 의해 가동중지되지 않도록 공학기술적 유연성을 갖추어야 한다. 폐기물의 발생 종류 및 분리 정도가 열회수 소각시설에의 이용가능성에 영향을 미치게 된다. 해당 지역사회에서 발생된 폐기물이 그 지역의 소각시설에 적합한 것인가에 대한 문제는 소각시설의 설계 및 건설 내용을 계약할 때에 가장 잘 해결될 수 있다.

소각시설에 적합한 기술의 선택 기준은 성능에 대한 신뢰성, 설치비용, 환경법규에 대한 준수 등이다. 성능에 대한 신뢰성은 소각시설 건설에 소요되는 금융에 필요한 채권의 환급 기간 같이 특정 기간에 걸쳐 적용된 기술이 제대로 작동되는 것을 의미한다. 비용도 기술의 효율성에 대한 지표이다. 비용은 초기건설비, 장기적 운영유지비 및 상환비용 등을 의미한다.

열에너지 회수형 소각시설은 적용기술, 생산된 에너지의 판매, 그리고 환경규제 등에 의해 위해성(risk)을 지니고 있다. 일반적으로, 지역사회에 미치는 위해성은 지역사회가 적용된 기술, 비용, 환경규제에 대한 대응 등에 있어 강력한 통제력을 갖고 있을수록 줄어든다. 위해성의 영역과 수용가능한 위해성 수준에 대한 지역사회의 대응방안에 관해서는 〈Table 1〉과 같이 정리할 수 있다.

위해성을 감수하는 전략으로는 〈Table 1〉에 있는 방안을 단독 또는 복합적으로 선택할 수 있을 것이다. 위해성 분담을 위한 바람직한 전략으로 보험에 가입하든지 신용장(letter of credit)을 구입하는 방법 등이 있다. 지역사회에서는 위해성 분담에 대해 비용을 지불하게 되는데, 이러한 비용 지불은 소각시설 사업계획에서 수용가능한 경비 및 위험성 범위내에서 보장해주어야 한다.

3. 매립

(1) 매립지 필요성의 정당화

폐기물을 매립처분하는 것은 통합적 폐기물관리의 위계에서 마지막 우선순위를 갖는다. 매립처분은 폐기물 관리체계에서 최후의 기능적 요소이기 때문에 대안이 없는 선택으로 더 이상의 가치가 없는 모든 종류의 폐기물의 궁극적 종착이 된다. 그렇지만 매립되는 폐기물이 현재에는 가치가 없지만 미래에는 가치를 가질 수 있다는 가능성이 완전히 배제되는 것은 아니다. 매립지 관

Table 1. Areas of Risk and Options for Risk Taking in Energy Recovery

Area of Risk		Options for Risk Taking
Technology	Siting and Permits	* Community Alone * Multiple Communities in a Regional Agency * Community Sharing with a Private Agency
	Constructed Capacity	* Community Alone with Equipment Manufacturer Guarantees * Community Ownership with Private Agency Construction and Guarantees * Insurance for Facility
	Operating Performance	* Community Alone with Competent Staff * Community Ownership with Private Agency Operation, Escalation of costs, and Guarantees
Costs		* Community Alone with General Obligation Bonds * Community Alone with Project Revenue Bonds and Pledged Tipping Fees * Community-issued Bonds and Equity from a Private Agency, Bond Insurance or a Letter of Credit
Environmental Regulations		* Community Alone * Community Ownership with Private Agency Operating Guarantees, Except for Changes in Environmental Legislation
Natural Disaster		* Community Alone * Disaster Insurance, as Available

George Tchobanoglous, 1993, Integrated Solid Waste Management, Mc GRAW-Hill, 859.

리에 관련된 사회적 관심은 일반시민이 매립지를 쓰레기의 단순투기 장소로 생각해 온 전통적 인식과 쾌적한 환경에 대한 일반시민의 인식이 확대되면서 동시에 심화되어 왔다.

새로운 매립지를 건설하는 데 있어서는 일반시민이 용납할 만 하고 환경관계법규에 저촉되지 않는가를 확인하는 것이 가장 중요한 관건이 된다.[1] 기존 매립지를 관리하는데 있어서는 적합한 매립지 운영절차가 정기적으로 그리고 주의 깊게 집행되는가를 확실하게 보장되고 있는지의 여부가 중요하다. 환경계획 및 환경관리 담당자는 매립지 필요성에 대한 정당성 확보, 매립지 입지에 대한 환경영향평가 및 지역사회의 수용, 매립지 설계 및 비용효과성, 그리고 매립지 관리정책 및 규제방안에 관해서 진지하게 성찰해야 한다.

모든 폐기물 관리체계에는 매립지가 반드시 포함되어야 한다고 하더라도 이러한 사실 자체가 지역사회주민이 새로운 매립지를 지지해준다는 보증이 되는 것은 아니다. 더 좋은 폐기물관리 해결책이 존재할 것이라는 지역주민의 의구심은 매립지 건설에 대한 과학적 자료가 뒷받침된 정당화, 그리고 쓰레기의 원천적 감량화, 재활용 방안 등에 대한 구체적인 평가에 의해 해소될 수 있다.

(2) 입지 선정 평가

매립지 건설의 필요성에 대한 완벽하고 명확한 자료준비와 함께 매립지 입지선정에 관한 지질공학적 자료 그리고 폐기물관리적인 측면에 대한 평가에 관련된 자료준비도 필요하다. 최소한으로 다음과 같은 관리 사안이 세밀하게 자료화되어야 지역주민을 설득시킬 수 있다.

1) 환경영향

매립지 건설에 반대하는 지역사회의 가장 큰 이유는 대부분의 경우에 주로 환경문제에 관련된 것이다. 따라서, 매립지 위치는 언제라도 가능하

면 주변환경에 대한 영향이 최소화될 수 있는 장소로 선정되어야만 한다. 매립지가 되어서는 안될 환경적으로 민감한 지역에는 지하수 함양 대수층, 홍수 범람지역, 멸종위기종의 서식처, 인구밀집지역 등이 포함된다.

2) 지역주민의 우려

많은 경우에 매립지에 관한 지역주민의 우려를 수렴할 수 있는 방안으로 공청회를 이용하고 있다. 매립지에 관련된 가장 일반적인 우려는 악취, 건강위협, 교통혼잡, 재산가치 하락, 소음, 경관손상, 쓰레기의 흩날림 및 침출수에 관련된 것이다. 이러한 지역주민의 우려를 해결할 수 있는 최선책은 이상의 각각의 우려사항에 관해 매립지 입지선정 연구조사 단계에서부터 고려를 하는 것이다. 이상의 우려사항을 경감시켜 줄 수 있는 몇가지 전형적인 방안을 〈Table 2〉에 정리하였다.

3) 폐기물관리체계 틀에서의 복합적 활용

매립지의 입지는 물질회수시설로 또는 원천분리된 재활용품의 적치장으로도 이용될 수 있는 곳이어야 한다. 매립지에서 추출되는 메탄가스는 회수시켜 가능하다면 에너지 생산에 이용될 수 있어야 한다.

4) 비상계획

홍수 및 태풍 같은 자연재해는 매립지로의 접근을 곤란하게 하여 폐기물이 적체되든지 자연재해로 인한 폐기물의 대량발생으로 폐기물 처분에 있어 비상사태를 초래하게 된다. 위기상황에서 매립지를 어떻게 운영할 것인가에 대해 재해대책 비상계획을 수립해 놓는 것이 해결책이 된다.

최종적으로 매립지를 선정하여 확보하는데 있어 광범위하게 이용되는 사려 깊은 기법은 가능성 있는 여러 곳의 매립지 입지를 후보로 정해놓고 적절한 매립지의 선정이 확보될 때까지 후보 대상이 되는 매립지에 대한 찬반을 공청회 및 관련 행정기관 회합 등을 통해서 수렴하는 것이다. 이러한 회합에서 폐기물관리 책임자는 위생매립지가 주변환경에 손상을 주지 않고 조화를 이룰 수 있다는 점을 표명하고 매립지에 관련된 모든 사항을 가능한 한 명쾌하고 간략하게 제시

Table 2. Public Concerns and Typical Mitigation Actions at New Landfill Sites

Public Concern	Typical Mitigation Action
Birds	Overhead Wires and Nets, Noise Emitters
Debris	Controlled Tipping Face, Adequate Final Cover
Dust	Paved Access Roads, Watering of Soils Used for Cover
Hazards	Adopt Federal or State Guidelines for Landfill Construction and Operation, Site Security, Monitoring of Ground and Surface Waters, Monitoring of Gas
Leachate	Leachate Collection and Treatment, Monitoring Wells
Litter	Ordinance Requiring Covered Loads When Delivering to the Landfill, A Litter Patrol on Access Roads and the Landfill
Noise	Hours of Operation, Berms of Earth to Attenuate Noise Levels
Odors	Daily Cover of Wastes, Space Buffer of Land Between the Landfill and the Site Property Boundary
Property Values	Appraisals, Final landfill Use After Completing the Landfill, Property Purchase or Settlement Payments
Traffic	Access Roads, Restriction on the Number and Type of Vehicles Allowed on Site, Hours of Operation
Visual Impacts	Vegetative Screening, Earth Berms, Fences

George Tchobanoglous, 1993, Integrated Solid Waste Management, Mc GRAW-Hill, 866.

해야 한다.

(3) 매립지 설계 및 비용-효과성

매립지 설계는 복합적 행위이다. 매립지에 관련된 환경규제는 점점 엄격해지고 매립비용은 증가 추세에 있다. 매립지를 건설하고자 하는 지역공동체에서는 매립지 설계시에 준수해야 될 설계지침과 관련된 환경관계 법규를 충실히 따라야 한다. 매립지 입지선정에는 환경적으로 가장 비용-효과적인 입지를 선정하는 것이 관건이 된다. 환경적으로 비용-효과적이라는 의미는 최소의 비용으로 환경적으로 수용가능한 방법으로 해당 작업을 완수하는 것이라고 광의적으로 정의할 수 있다. 매립지에 관련된 폐기물관리 책임자의 책무는 매립지의 기반시설 건설 및 환경오염방지에 소요되는 비용을 최저로 할 수 있는 입지를 물색하는데 있다. 폐기물관리 책임자는 매립지를 선정하기 전에 다음의 사항을 평가해야 한다.

① 지역사회에서는 공공기관을 통하여 자체 매립지를 취득하여 운영하는 방안을 선택할 수 있다. 매립지의 소유권을 확보하면 매립지 반입수수료 및 매립지 운영에 관해 지역사회에서 통제 및 관리를 할 수 있게 된다. 매립지 운영에는 비용-효과성에 영향을 미치는 매립지 운영규모가 주요 관건이 되게 된다.

② 지역사회에서는 민간업체를 선정하여 지역사회의 매립지를 위탁관리시킬 수도 있고 민간업체에서 소유하고 있는 매립지에 처리할 수도 있다. 이러한 방안의 문제점은 침출수 등으로 인해 미래에 발생될 수 있는 환경적 책임에 관한 통제력을 상실한다는 데에 있다.

③ 지역사회에서는 광역매립지를 건설하기 위해 주변의 지역사회와 협조할 수 있다. 이러한 방안은 규모의 경제에 따른 편익을 지역사회에서 향유할 수 있게 되나, 각각의 지역사회에서는 매립지 반입수수료에 대한 절대적인 통제력을 상실하게 된다. 그리고 광역적계획에 의한 행정업무는 기초자치단체 단위의 계획에 의한 행정업무 보다 더욱 복잡해진다.

④ 지역사회에서는 완전히 다른 지역사회에 매립을 위탁계약할 수도 있다. 이러한 방안에서는 매립에 관련된 모든 권리 및 책무가 지역사회에게 면제된다. 이러한 경우에는 장래의 매립지 반입수수료에 대한 통제력을 상실하게 된다.

이상의 방안들은 쓰레기를 발생시키는 지역사회에 서로 다른 수준의 책무와 통제관리를 요구하게 된다. 이러한 방안중에서 어떤 방안을 특별히 권장할 수 없는 이유는 지역사회별로 정치적 및 사회적 선택 특성이 다르기 때문이다.

(4) 매립지 관리정책 및 규제

매립지 관리정책 및 규제로서 관심을 끄는 것은 매립되는 폐기물의 분류 그리고 매립지 사용종료 이후의 토지이용 문제이다. 대부분의 지역사회에서는 매립될 수 있는 폐기물의 종류를 제한하는 법규를 채택하고 있고, 사용종료 이후에도 침출수 및 가스 처리를 일정기간 이상 의무화시켜 놓고 있다.

매립지 관리정책 및 규제에 관련된 것으로서는 매립 종류에 따른 폐기물의 분류, 매립지의 적절한 분류에 관한 규정, 매립지로의 쓰레기 운반에 관련된 통제, 불법폐기물의 반입금지, 매립지 폐쇄 및 사후관리 비용의 확보수단의 확립 등이 있다.

IV. 환경오염 예방을 위한 사업장폐기물 감량화

1. 폐기물관리 우선순위의 위계

유독성 폐수 및 대기오염물질 배출에 대한 법적 규제가 강화되면서 많은 지역사회와 기업체에서는 오염예방을 폐기물관리의 중요한 디딤돌로 선택하기 시작했다. 오염예방에 관해 합의된 정

의는 없지만, 일반적으로 통용되는 의미는 다음의 〈Table 3〉과 같다.

〈Table 3〉에서 보면 "원천적 감량화"가 폐기물 관리의 位階에서 최상위를 차지하고 있다. 많은 기업체에서 폐기물 배출요건을 맞추기 위한 비용을 절약하기 위한 방안으로서 폐기물의 양과 독성을 최소화시기기 위하여 노력하고 있다. "현장 재활용"이 그 다음의 位階를 차지하는 것은 중간 단계의 폐기물로부터 원료를 회수하여 동일한 생산공정에 재사용하는 것은 "closed loop"에 해당하기 때문이다. "현장외 재활용"은 운송의 필요성과 회수된 원료의 시장가치의 불확실 때문에 "현장 재활용" 보다는 환경친화도가 떨어진다.

2. 사업장폐기물의 감량화 수단

기업체 폐기물의 원천적 감량화는 각종 원료 및 에너지의 절약 노력, 시설관리 노력(예 : 밸브에서의 누출방지) 같은 "운영공정의 개선", 그리고 보관기간이 제한되어 있는 원료화학물질의 재고량을 줄임으로써 달성될 수 있다. 창고에 너무 오랫동안 쌓여 있는 화학물질은 유효기간이 지나면 쓰레기로 전환된다. 운영공정의 간단한 변경으로 원천적 감량화를 이루는 경우로서 배관설비를 생산하는 공장에서 제품의 품질검사를 도금후에서 도금전으로 변경함으로써 불량품의 도금에 쓰였던 화학물질은 물론이고 도금폐수의 양도 줄일 수 있다.

"원료 변경"을 통한 폐기물의 원천적 감량화는 폐기물이 되었을 때에 문제점이 보다 적은 원료로 변경하는 것을 의미한다. 예를 들어, 제지공장에서 PCB(polychlorinated biphenyls)를 함유한 폐수 슬러지를 줄이기 위하여 비용이 많이 드는 폐수처리설비를 변경하기 보다는 무탄소복사지 같이 PCB를 함유한 폐지를 원료에서 제외시킨다.

"제품의 재조정"에 의한 원천적 감량화의 예로서는 제지공장에서 명도를 높이기 위해 화학약품, 용수 및 에너지를 많이 쓰기 보다는 명도를 낮춤으로써 폐기물 발생량을 상당히 줄일 수 있다.

3. 법적 규제에 의한 사업장폐기물 감량화의 촉진

정부의 규제가 있으면 기업체에서 오염예방적 폐기물관리에 적극적이 된다. 일부 기업체에서는 오염예방을 정부의 규제를 경제적으로 해결하는 효과적인 방법으로 간주한다. 정부의 법적 규제를 위반했을 경우에 따르는 벌금 및 감옥형은 많은 기업들이 폐기물발생의 원천적 감량화를 서류작업, 비용 및 시간의 낭비를 막는 대안으로 채택하게 하고 있다. 폐기물의 원천적 감량화는 빈번

Table 3. Hierarchy of Pollution Prevention Measures

Waste Source Reduction	Minimize amount and harmfulness of wastes by - improving operating procedures - changing inputs - redesigning production processes - reformulating products
Onsite reuse and recycling	Reduce final waste discharges by processing intermediate wastes to recover materials valuable for use as process inputs or for sale to others
Off-site reuse and recycling	Transport wastes off-site for processing to recover materials valuable for use as process inputs or for sale to others
End-of-pipe treatment	Use chemical, physical, and biological processes and incineration to transform wastes into less harmful substances

* Leonard Ortolano, 1997, Environmental Regulation and Impact Assessment, John Wiley & Sons, 306.

하게 개정되는 관련 법규와 관계당국과 법원에 의한 재해석의 불확실성에서 벗어날 수 있는 방패역할을 하게 된다.

미국에서 1988년에 시행된 유독물질 배출목록(Toxic Release Inventory : TRI)제도는 환경단체 등 여론의 압력에 의해 기업체에서 폐기물 감량화를 적극적으로 추진케 하는 수단이 되었다. TRI의 순위가 개선이 되면 여론이 긍정적으로 되고 해당 기업체는 대중의 신뢰를 얻을 수 있어 기업체에 도움이 될 수 있다.[2)]

4. 사업장폐기물 감량화의 경제성

많은 기업체에서 환경규제가 없는 경우에도 경제적 이득 때문에 폐기물 감량화를 추진하기도 한다. 폐기물 감량화에 적극적인 기업체에서는 그들의 생산공정을 재검토하여 보다 나은 방안을 모색한다. 폐기물 감량화는 생산공정에 초점을 맞춘다. 전세계의 많은 기업체에서는 "인간과 환경에 끼치는 위해성을 줄이는 생산공정 및 제품을 위한 통합적인 환경전략의 지속적인 적용"이라는 "보다 환경적인 생산(cleaner production)"에 의해서 잠재적 이익을 찾아나가고 있다.

환경상품(clean products)의 제조로 얻을 수 있는 잠재적 이익은 환경친화적인 상품에 대한 소비자의 점증하는 수요와 관련되어 있다. 그러나, 녹색시장(green markets)은 오도된 상품광고에 의해 소비자가 혼동됨으로써 가로막혀 있는 실정이다. 이를 타개하기 위하여 독일 등 일부국가에서는 국가 전체에 걸친 자발적인 환경마크(environmental labelling)를 도입함으로써 소비자의 혼동을 줄이고 있다.[3)] 국제무역이 확대됨에 따라 환경마크에 대한 국제기준에 대한 관심이 높아지고 있다. 유럽연합에서는 "eco-labelling"프로그램을 개발하여 대응하고 있으나, 아직 보편적으로 용인되는 환경마크 기준은 아직 정립되지 못하고 있다.[4)]

"보다 환경적인 생산"에 대한 기업체의 관심은 1996년에 ISO(International Standards Organization)에 의해 공포된 자발적 환경관리기준 시리즈의 출현으로 더욱 명확해졌다. ISO는 1946년에 제조, 무역 및 통신을 위한 국제기준의 개발을 촉진하기 위하여 설립된 국제기구이다. ISO의 기준은 자발적이지만, 무역규약으로 광범위하게 채택되기 때문에 실질적으로 강제적인 속성을 갖고 있다.[5)] ISO 14000이라는 환경기준에 관한 새로운 시리즈의 핵심은 ISO 14001로서 해당 기업체에서 용인할만한 환경관리체계(Environmental Management System : EMS)를 갖고 있는가를 결정하는 상세한 규정이다. ISO 14001 규정은 해당기업체의 환경정책, 환경목적 및 환경목표, 자체의 환경성과(environmental performance)를 감시할 수 있는 자체적 역량 같은 다양한 영역을 포괄하고 있다. ISO 14001의 핵심은 해당 기업체의 기업 시스템과 기업행위가 해당 기업체의 환경정책과 환경목표에 부합하고 있는가를 확인해 주는 것이다.

ISO 14000 시리즈의 하나는 해당 기업체의 EMS 개발을 의도하고 있는 "안내기준(guidance standards)"이다. 기업체의 EMS에 관련된 "안내기준"의 예가 해당 기업체의 환경목적 및 환경목표, 그리고 EMS의 다른 측면을 준수하고 있는지의 여부를 스스로 분석하기로 한 기업체를 감사하는 "EMS 감사(audit)"이다. ISO 14000의 "안내기준"중에서 상품의 특성을 다루는 한가지 예가 "전과정평가(life cycle assessment)"에 대한 기준이다. "전과정평가"에서는 상품의 설계자 및 공학자는 상품에 관련된 환경영향을 고려한다. "전과정평가"에서는 원료물질의 채취, 투입요소의 제조부터 시작하여 생산의 모든 과정을 고려한다. "전과정평가"에서는 오염방지, 폐기물 처리, 설비해체 뿐만 아니라 생산, 유통, 유지관리 및 재사용에 이르는 모든 측면을 고려한다.

기업체가 ISO 14000 기준을 준수하여 ISO 14001 인증을 취득하고자 하는 동기는 다음과 같다.

① 폐기물 감량화로 인한 비용절약의 기회를 포착
② 환경법규를 위반한 것에 대한 벌금 및 각종 징벌의 가능성 감소
③ ISO 기준에 의해 환경마크 프로그램을 실시중인 국가에 상품수출
④ ISO 14001 인증을 요구하는 정부 및 기업에 상품 및 용역 판매로 잠재적 이익 실현
⑤ ISO 14001 인증 취득은 일반국민과의 관계(public relation)를 좋게 만듬

엄격한 환경규제, 비용절약의 기회, 녹색시장의 출현, 새로운 ISO 의 환경관리 기준, 환경개선에 대한 일반국민의 요구 등 여러가지 요소가 많은 기업체에게 폐기물 감량화를 기업활동의 총체적 일부로 받아들이게 하고 있다. 수많은 기업의 최고경영자들은 그들의 종업원에게 "환경을 위한 디자인(design for environment)"을 하도록 독려하고 있으며, 다수의 기업에서 ISO14000시리즈의 자발적 기준을 채택할 것으로 예상된다.

V. 결 론

폐기물의 통합적 관리에 관련된 전반적 운영방안 그리고 폐기물의 감량화, 수거, 소각 및 매립 같은 구체적 운영방안을 주로 비용-효과성 관점에 의해 고찰해 보았다. 폐기물의 통합적 관리는 지역사회의 특정상황에 부합되게 폐기물관리의 목표를 달성하기 위한 적합한 과학기술 및 관리 프로그램의 선택으로 볼 수 있다.

본 연구에서는 폐기물관리를 소각과 매립 사이의 처리비율 선택의 관점이 아닌 감량화, 재활용 및 처리의 적정한 결합의 선택이라는 측면에서 고찰하였다. 본 연구가 환경친화적인 통합적 폐기물관리 방안을 특정 지역사회의 자연환경적, 경제적, 문화적 및 사회적 특성에 기초하여 최적의 대안을 모색해야 하는 폐기물관리 담당자에게 참고가 될 것으로 보인다.

참고문헌

1. Michaels, M., 1988, How Landfills Look to the Public Mind, World Wastes, Vol.X, No.5, May.
2. Leonard Ortolano, 1997, Environmental Regulation and Impact Assessment, John Wiley & Sons, 308-309.
3. Perrone, M.A., 1996, Trade Barriers, GATT, and ISO 14000, In J. Cascio, ed., The ISO 14000 Handbook, Fairfax, VA: CEEM Information Services, 411-424.
4. Cascio, J., 1996, Background and Development of ISO 14000 Series, In J. Cascio, ed., The ISO 14000 Handbook, Fairfax, VA: CEEM Information Services, 4-24.
5. Bird, W.A., 1995, ISO 14000 : With Anticipated Rollout Date of January 1996, It's Time to Put This Program Decision in the Hopper, Chemical Engineering(September), 94-96.