

폐기물매립지 인공식재지반 조성 사례연구

- 수도권매립지 제방이격구간 식재층을 대상으로 -

조주형* · 이재근**

*수도권매립지관리공사 · **상명대학교

A Case Study on the Creating Artificial Planting Ground on the Waste Landfill Sites

- In Case of the Bank Isolated Section Planting Layer
at the Landfills of Satellite Cities of Seoul -

Cho, Ju-Hyoung* · Lee, Jae-Keun**

* SUDOKWON Landfill Site Management Corporation
**Landscape Architecture Dept., SangMyung University

ABSTRACT

This paper aims at surveying through case studies the planting possibility on the interval artificial ground between the bank and the core landfill of the first section of works in the SUDOKWON Landfill area landfill area which was completed, followed by the layer-on-layer landfill process involving the latch or sealing layer against emitting landfill gas from the reclaimed waste.

The survey results are as follows:

1. The layers of the artificial planting ground on the landfill were established on the basis of top-on-top procedure for a waste layer, a topping soil layer (T=50cm), a gas blocking layer (broken stones T=30cm), a filter layer (non-woven fabric 700g), a sheet protecting soil layer (T=20cm), and a blocking layer (HDPE SHEET 2.0mm), an irrigation layer (SAND T=30cm), a filter layer (non-woven fabric 700g), a planting layer (T=90cm+), a top mound (T=2m).

2. Since no direct damage on the planting layer affected by the landfill gas was detected, planting is found to be still possible and successful except the severely unequal subsidence portion.

3. The mortality rate is discovered different on different trees: *Pinus thunbergii* (H3.0 × W1.0m) 11.25%, *Pinus thunbergii* (H2.5 × W0.8m) 4.73%, *Koelreuteria paniculata* 8.67%, *Hibiscus syriacus* 5.68%, *Deutzia parviflora* 6.50%, *Forsythia koreana* 8.17%, *Rho. yedoense v. poukhanense* 32.22%, and *Spiraea pru v. simplicifolia* 18.89%; although the last two of which are generally considered to have a

strong generic growing character, they are subject to be weakened when exposed to the contaminated microclimate of the site like landfill gas.

4. The damage rates, on *Pinus thunbergii*, *Koelreuteria paniculata*, *Hibiscus syracus*, *Forsythia koreana*, *Deutzia parviflora*, *Rho. yedoense v. poukhanense* were shown to decrease to 7.31-17.69% in the first examination (June 1999), whereas the damage on *Spiraea pru v. symplicifolia* relatively increased.

It is believed that preparatory method of the air pollution, change of temperature, odor by emitting landfill gas, and minute dust from vehicles should be made, and a research on this matter will be conducted in the near future.

Key Words : waste landfill, ecological restoration, artificial planting ground

I. 서론

오늘날의 세계를 우리는 3P(pollution, population, poverty) 또는 3E(environment, energy, electronics)의 시대라고 부른다. 그만큼 세계는 이와 관련된 문제를 안고 그 해결을 위하여 크게 고심하고 있기 때문이다. 특히 최근에 와서 환경오염(environment pollution)에 대한 관심이 집중되고 있지만, 오늘날의 각종 환경문제가 모두 물질문명의 발달에 기인한다는 사실에는 모두가 경악을 금치 못하는 실정이다.

왜냐하면 물질적인 안락만 추구하다가 환경오염이라는 함정에 우리 스스로가 빠진 형국이 되었으며, 중국에는 인류의 파멸이 초래될 것으로 보여지기 때문이다. 이러한 시점에 인간의 다양한 생산과 소비활동의 결과로 발생하는 환경문제의 예방과 해결을 위해 생겨난 새로운 산업이 환경산업이다.

오늘날 청정생산기술의 중요성이 부각되기 시작하면서 환경산업은 수질, 대기, 토양, 폐기물, 소음 등과 관련된 환경피해를 측정, 예방, 제어 또는 복원을 위한 재화나 서비스를 생산하는 업체 및 오염, 그리고 자원사용을 최소화시키는 청정기술을 포함하는 광의의 개념으로 경제협력개발기구(OECD)에서는 정의하고 있다.

이중 과거의 버려진 공간, 오염된 땅인 폐기물¹⁾ 매립지역을 가장 환경친화적이고 생태적인 공간으로 재창조해내는 것이 오늘날의 과제이다. 이와 함께 각국의 폐

기물처리 방식을 살펴보면, 국토면적이 넓은 미국이나 캐나다 등은 주로 위생매립에 의존하여 왔으나 이제는 매립지 확보의 어려움에 직면하여 소각을 통한 재활용에 노력하고 있다. 그리고 국토면적이 좁은 일본이나 유럽국가들 특히, 스위스, 스웨덴 등은 대부분 소각에 의존하고 나머지 상당부분을 퇴비화에 의존하고 있으나, 현재 우리 나라에서는 아직까지도 대부분의 폐기물을 매립에 의존하여 처리하고 있다.

이렇게 매립된 폐기물에는 다량의 유기물질이 포함되어 있어, 매립지 내의 혐기성 분해과정에서 유기물질은 메탄가스(CH₄), 이산화탄소(CO₂), 휘발성 유기화합물 등의 분해가스로 방출된다. 이중 대표적인 지구온난화 물질의 메탄가스(CH₄), 이산화탄소(CO₂)는 1992년 교토의정서에 따른 온실가스 감축의무 달성을 위해 종합적이고 체계적인 정책과 이를 구체화하기 위한 관련 대책이 필요한 시기에 놓여 있는 것이 오늘의 현실이다.

이러한 대책으로 폐기물 매립지역의 조기안정화와 환경오염 방지를 위해 매립가스(LFG) 처리 기술을 개발하고, 아울러 회수된 매립가스를 대체에너지로 이용하고자 하는 연구(환경부, 1996: 1999), 인공매립에 따른 쓰레기의 성장 및 매립토양에 따른 구조물의 안전성이나 보호라는 측면에서 매립시설의 대표적인 차수시설과 인공 및 자연사면과 제방에 대한 토질공학적인 접근의 연구와 비위생 매립지의 조기 안정화에 관한 복원기술(한국건설기술연구원, 1998: 1999) 등의 연구가 현재 활발히 진행되고 있다. 또한, 매립된 오염지역의 녹

화 및 수목의 생장에 있어서는 구영본 등(1998)이 식물을 이용한 오염토양의 정화기술로서 오염물질의 흡수 가능성과 폐기물 매립지의 녹화 및 침출수 처리에 있어서 포플러 수종을 이용한 개별적인 실험연구, 重松敏則(1981)의 매립가스는 토양층의 산소농도와 토양의 고결화에 영향을 미쳐 수목의 생장을 저해하므로, 이에 따른 대책에 관한 실험적 연구 등이 있다.

그러나 조기녹화에 의한 생태적 환경복원에 있어서는 매립시점부터 향후 식물의 생육환경을 위한 인공식제지반 조성을 목표로 두고 매립에 관한 종합적인 계획을 추진해야 할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에 있어서는 현재 매립이 진행 중인 현장에서 일부 제방이 완료된 이격구간에 식생층 도입을 위한 방안으로 매립가스 차단 및 배제층을 설치하고 식재한 수도권매립지 제1매립장(1공구) 사례지역의 연구 결과를 통해서 폐기물매립지의 인공식제지반 조성을 위한 기초적 자료를 제시하고자 한다.

II. 연구의 내용 및 방법

1. 연구 대상지

인천광역시 서구 백석동에 위치한 수도권매립지는 동서로 약 2%이내의 경사를 갖는 해안 간사지로 낮은 기복을 이루고 있으며 총면적이 630만평의 국내 최대규모의 위생매립지로서 5개의 공구로 구분되어 있다. 5개 공구 중 제1매립장(1공구)은 매립지 면적이 123만평으로 1988년 12월에 사업계획과 기본 및 실시설계를 완

료, 1989년에 매립지 기반시설 공사를 착공, 1992년부터는 폐기물 반입을 시작하여 2000년 10월에 매립이 완료되었다.

제2공구는 종합환경연구단지 및 환경관리시설의 건축 부지로 이용할 계획으로 토지조성 공사가 완료되고, 1997년도부터 관련시설 건축공사를 시작하여 2000년도에는 부분준공을 하여 국립환경연구원이 입주하고 있다. 제2매립장(3공구)은 1995년 12월에 기반시설 조성사업 실시설계를 완료하고 1996년 7월에 매립지 기반시설 공사를 착공하여 공사 중에 있으며 2000년 10월부터 폐기물 매립이 시작되고 있다. 이후에 조성될 제4공구와 제5공구는 장래의 폐기물 매립부지로서 폐기물의 반입량 및 폐기물 매립 장기계획을 고려하여 매립지 기반시설 공사를 향후 착공할 예정이다.

1992년 2월부터 시범매립이 시작되고 1993년도부터 본격적으로 폐기물이 반입되어 2000년 10월 6,350만톤의 매립총량으로 종료된 제1매립장(1공구)은 서울특별시 및 인천광역시를 비롯하여 수도권 일원의 22개 시·군으로부터 폐기물이 반입되었으며, 매립초기의 폐기물 반입량은 일일 약 35,000톤이었으나, 쓰레기 종량제 실시와 음식물 쓰레기의 함수를 저감 노력에 의해 종료시점의 일일평균 반입량은 약 20,000톤(생활폐기물 55.2%, 건설폐기물 25.4%, 하·정수오니 9.9%, 기타 4.8% 등)으로 감소되었다. 현재는 제2매립장(3공구)의 매립이 진행 중에 있으며, 2011년까지 6,760만톤의 폐기물이 매립될 예정이다.

또한, 제1매립장(1공구)은 매립완료 후의 최상층에 대한 최종복토와 관련한 안정화 공사 실시설계 영역에 따라 최종복토와 관련된 공사가 추진될 것이고, 매립완료 후의 토지이용계획이 수립될 것으로 예상된다.

그러므로 안정화공사 후 녹지조성 식재층에 대한 사전연구의 일환으로 폐기물이 매립완료된 제방의 이격구간에 인공지반 식재층을 조성하였다.

2. 연구내용 및 방법

폐기물 매립이 완료된 제방이격구간에 완충수립대를 조성할 목적으로 인공식제지반을 조성한 제1매립장(1공구) 3-4단 제방이격구간 식생층 아래의 매립층에서 분출되는 가스의 주성분 측정은 식생층 보호 가스배제

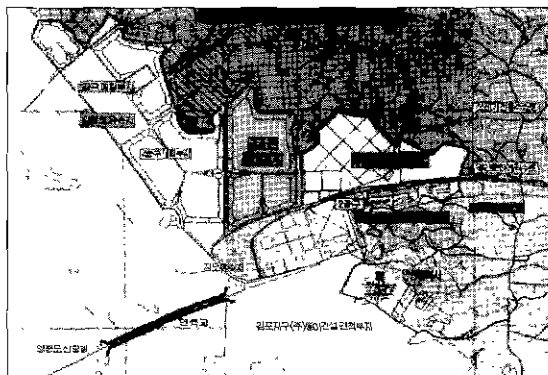


그림 1 연구대상지 위치도

관(MDPE 200A) 33개소 중에서 랜덤하게 3개소를 선정하여 가스기체 시료를 튜브로 추출 후, 수도권매립지관리공사 시험분석과에서 산소(O₂), 질소(N₂), 이산화탄소(CO₂), 메탄가스(CH₄)는 기체 크로마토그래프(gas chromatograph: GC) 분석법²⁾으로 황화수소(H₂S), 암모니아(NH₃)는 직독식 검지관인 가스텍(GASTEC)으로 1999년 1월과 6월에 각각 측정하였다. 그 결과 표 1에서 수목의 생육과 관계되는 O₂, CO₂, CH₄는 이기철과 김동필 역(1992)에서 명시한 수목의 생육가능 적정치를 크게 상회하고 있어 식생증 보호 차단층(H.D.P.E Sheet)의 도입은 필수적인 것으로 판단되었다.

표 1 인공식재지반 매립가스 성분분석

분석항목 시료번호	산소 (%)	질소 (%)	이산화탄소 (%)	메탄가스 (%)	황화수소 (ppm)	암모니아 (ppm)
1	6.3	25.6	26.5	41.3	20	N.D
2	0.1	1.3	37.3	61.2	100	N.D
3	1.7	14.7	30.6	52.3	0.1	N.D
생육가능 적정치	15-18	-	3.2-7.0	4.5-5.2	-	-

또한, 수목의 생육을 위한 토양의 기초특성을 조사하고자 식재된 반입토사에 대한 이화학적 토양성분 측정 방법은 농업진흥청 고시(1996-6호) 기준을 기초로 하였고, 모래·실트·점토의 함유율에 의해 삼각분류법으로 구분되는 농공학적 입정에서의 토성은 Pipette법으로 삼삼 에버랜드 잔디·환경연구소에서 시험을 시행하였으며, 그에 따른 결과는 표 2와 같다.

매립가스 차단을 위한 인공식재지반 조성지역의 대상 면적은 현장여건에 따라 25,630 m²(712 36m)로 하였으며 식재층 지반조성 공사를 완료(1998년 1월)한 후, 식재공사를 시행(1998년 4월)하였다.

식재대상 수목은 일반적으로 해안매립지에 생육이 강한 곰솔(해송), 모감주나무, 무궁화, 조팝나무, 말발도리, 개나리, 산철쭉을 선정하였다.

식재공사 후 수목의 활착 여부는 토양 중의 매립가스 농도와 다양한 제한요소(기후, 토양, 배수, 시공 및 관리상태 등)의 요인에 의하여 생육이 조절될 수 있으나, 본 연구에서는 폐기물매립지 인공식재지반 조성 후 식재된 자연관리 상태의 수목 활착 여부를 조사할 목적이

표 2 토양의 이화학적 성질

수소이온농도지수(pH)	6.8	
염분농도(%)	0.00	
전질소(%)	0.03	
유기물(%)	0.6	
유효인산(ppm)	251.7	
양이온치환용량(me/100g)	13.07	
토성	식양토(CL)	
토양입도(%)	모래	61
	미사	25
	점토	14
	나트륨	0.31
치환성 양이온(me/100g)	칼슘	0.46
	칼륨	0.21
	마그네슘	1.9

표 3 수목피해도 조사 내용

항목	단계	접수	비고
잎의 변색정도	0-25%	0	낙엽수는 전체 잎의 상태를 기입하고, 상록수는 금년잎과 전년도 잎을 구분
	26-50%	2	
	51-75%	3	
	76-100%	4	
위축정도	0-25%	0	전체수관이 잎 중 활력이 약하여 밑으로 처진 비율
	26-50%	2	
	51-75%	3	
	76-100%	4	
잎의 낙엽정도	0-20%	0	변색정도와 같이 낙엽수와 상록수로 구분하여 측정
	21-40%	1	
	41-60%	2	
	61-80%	3	
지수상태	무	0	대기오염에 의해 수세가 약해진 가지의 처짐
	유	1	
신초생장	정상	0	금년에 자란 줄기 정단부의 신초생장 정도
	경미한지장	2	
	심한지장	3	
	극심한지장	4	
소지상태	정상	0	주간을 이루는 줄기가 아닌 잔가지의 상태
	1/4고사	2	
	1/2고사	3	
	3/4고사	4	
정아우세	유	0	상록침엽수인 경우에만 정아의 유무에 따라
	무	1	
수관감소	무	0	수목성장에 따른 수관의 감소 정도
	유	1	
수세	우	0	수목의 전반적인 생장상태를 고려
	양	2	
	가	4	

므로, 현장에서 시공관리의 재관성을 유지하기 위해 반입 식재 수목의 초기상태에 대한 검수를 철저하게 시행하여 시공상의 문제로 인한 하자가 발생하지 않도록 조치하고, 준공 1년 후(1999년 6월), 2년 후(2000년 6월) 시점에서 고사율을 파악하였다.

수목피해도 조사는 고사수목 파악시 고사수목에 포함되지 않은 수목을 대상으로 국립환경연구원(1988), 이경재 등(1990)의 연구방법을 응용하여, 표 3과 같은 기준으로 평가한 대한주택공사 주택연구소(1995)의 방법에 의해 랜덤하게 각각 30주씩 선정하여 조사를 실시하였다. 피해율에 의한 피해정도는 0~10%를 정상, 11~30%를 경피해, 31% 이상을 심한 피해로 분류하였다.

또한, 인공식재지반 매립가스 차단 및 식재를 위한 식생층의 단면 및 시공과정을 고찰하였다.

III. 사례결과 및 고찰

1. 위생매립 시설

본 사례지역은 폐기물의 최종처분 과정에 있어서 생활환경 보전상 지장이 생기지 않도록 폐기물의 조기안정화 촉진 및 주변의 환경오염을 방지하기 위하여 폐기물, 침출수의 외부유출, 폐기물의 비산, 악취 등의 발생을 저감시키기 위한 복토작업과 함께 차수시설, 침출수 집·배수시설, 침출수 처리시설, 매립가스 처리시설 등과 같은 주요시설과 지반 및 쓰레기층이 외부 환경조건 변화와 시간 흐름에 따른 물리적, 역학적 변화에 대하여 측량 및 측정을 통해 나타난 수치로 환경재해를 사전에 예측·예방 판단하기 위한 계측관리시설, 최종처

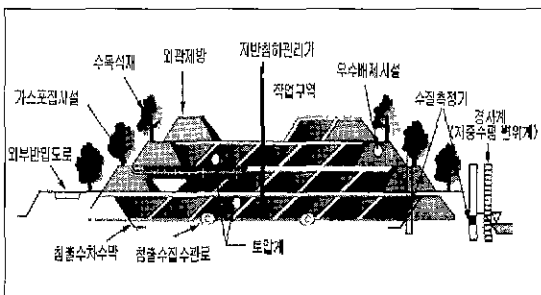


그림 2 위생매립시설 모식도

분장의 모든 작업·분석·계량 및 시설을 관리, 운영하는 등 행정사항을 수행하기 위한 관리시설, 매립장의 관리 및 운영을 안전하고 효율적으로 처리하기 위한 부수적인 부대시설로 구성되어 위생매립이 진행되며 모식도로 그려보면 그림 2와 같다.

2. 인공식재지반 조성과정

매립가스 발생은 쓰레기 구성성분의 분해과정에서 주로 탄산가스, 메탄가스, 질소, 암모니아, 수소 등으로써 이 중, 메탄가스(CH₄)는 가스의 분출이 막혀서 축적되면 폭발성을 지니고 있을 뿐만 아니라 황화수소(H₂S), 암모니아(NH₃), 토양 중의 이산화탄소(CO₂)와 함께 매립지 식재 수종을 고사시키는 작용을 하는 것으로 알려져 있다. 그러므로 그림 3과 같은 식재 수목의 원활한 생육을 위하여 인공식생층을 조성하였으며, 조성과정은 그림 4와 같다.

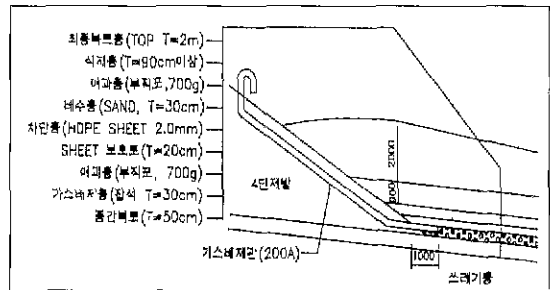


그림 3 인공식재층 단면도

1) 매립가스 배제층 부설작업

매립된 쓰레기의 노출을 지속적으로 방지하여 쓰레기의 비산 및 악취저감을 유도하기 위한 중간복토(50cm) 직상부에 설치하여 쓰레기층에서 발생하는 매립가스가 차단층을 통과하지 않도록 하는 기능을 가지므로 메탄가스 발생량이 많은 매립지에 있어서 가스의 원활한 포집과 배출을 위하여 필수적인 층이다.

부설에 따른 쇄석골재(잡석)의 규격은 최소 50mm 이상에서 최대 70mm 이하로 엄격히 규정하였으며, 규격시험은 반입게시 후 랜덤샘플링 방법으로 골재원 변경 때와 반입량 기준 때 1,000 m²마다 1회 이상 실시하였다.

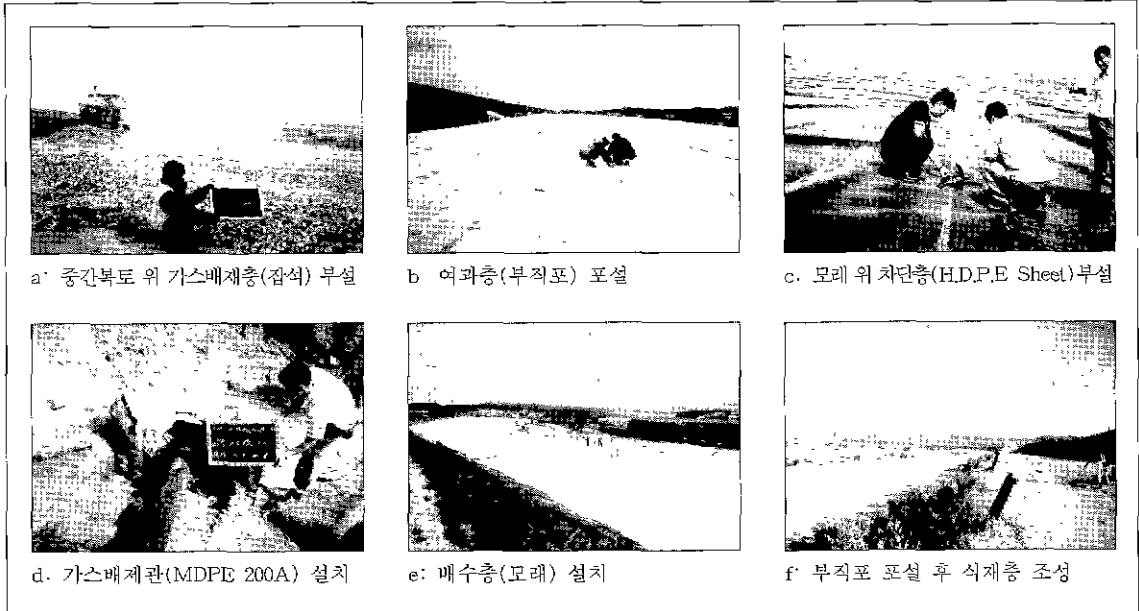


그림 4. 인공식재지반 조성과정

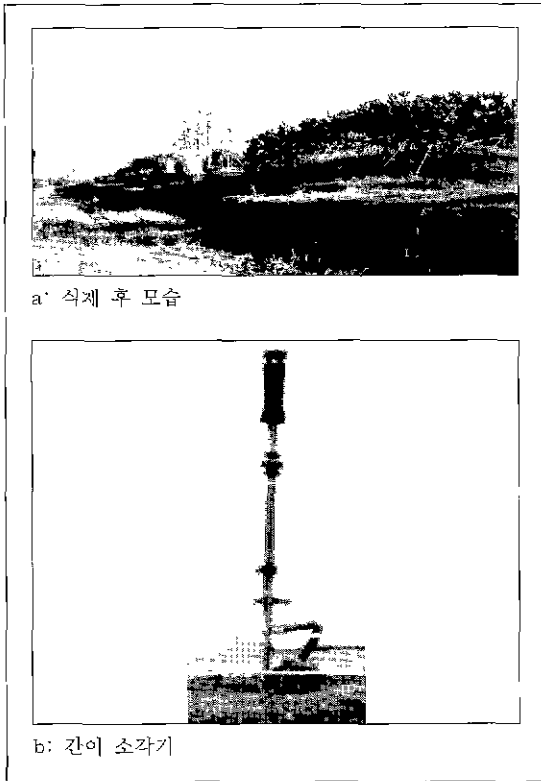


그림 5. 식재지 전경

2) 여과층 포설작업

가스배제층의 막힘현상, 가스배제층과 차단층의 분리
와 상부 식생복원에 따른 가스배제층의 보호를 위하여
배수 및 여과 기능을 갖춘 단일 부직포로 된 700g/m²
의 폴리프로필렌인 토목섬유를 사용하여 여과층을 포설
하였다. 공장에서 제조된 2m폭의 부직포는 접침작업을
하였으며, 현장봉합은 핸드미싱으로 이음길이를 7cm이
상 현장에서 봉합하였고, 봉합 부위의 강도는 용단강도
이상으로 하였다. 재료의 품질관리를 위하여 3개 샘플
링을 공인검사기관인 한국원사직물시험연구원에 의뢰한
시험결과 인장강도, 봉합강도가 모두 기준치 153kg/m
이상으로 측정되어 시공시 품질관리는 양호한 것으로
나타났다.

3) 차단층 부설작업

차단층 하부에서 발생하는 쓰레기 매립가스의 비산을
방지하고, 우수에 의한 침출수화를 최소화하며 최종적
으로 침출수위를 저하시키기 위하여, 최종매립 상단보
다 면적이 협소한 제방이격구간에 대해서는 합성수지
차단막인 H.D.P.E Sheet로서 차단층 본래의 기능을
발휘하고자 하였다. HDPE의 재질은 우수한 역학적 기
능과 강도 및 높은 다각 신장율을 가지고 있어 지반의

변화에 능동적으로 대처할 수 있도록 파괴인장강도 270kg/cm² 이상, 파괴신장을 700% 이상, 인열강도 125kg/cm 이상 등과 같은 재료의 물리적 특성, 침출수 및 Gas 등 기타 오염물질에 변화가 없는 화학적, 생물학적 특성을 갖는 재질이어야 한다. 시공 중 용착하여 접합한 이음부위에 대해서는 공기압 테스트(air test)를 실시하여 공기압의 저하율이 20% 이하(1.8-2.0 bar)가 유지되도록 하였다.

4) 가스배제관 및 간이소각기 설치

가스배제층의 가스배제는 20m마다 횡으로 가스배제관(MDPE 200A) 33기를 설치하여 배출을 유도하였고, 본 사례지역의 쓰레기 매립 후 발생하는 가스로 인한 피해를 저감시켜 수평가스 포집관으로 인해 포집되지 않는 가스에 대해 응축수 배제정과 이격구간 차집맨홀 상부에 이동 설치하여 운영하고 있는 간이소각기 69기 중, 식재구간 내에는 2개소의 간이소각기를 설치하였다.

5) 배수층 및 식재층 조성작업

상부 식생층을 통과하는 우수를 배제함과 동시에 차단층에 작용하는 수리학적 수두를 저감시키는 배수층 상단에, 교목의 생육이 가능한 기초적인 식생층 형성을 위한 최소생육토심 90cm 이상의 마운딩을 조성하여, 인공식재 및 종자뿌여붙이기(seed spray) 공법으로 식생을 복원함으로써 매립지 경관미 향상과 오염원을 최소화시키고 동시에 식물 증발산 작용에 의한 우수의 침투억제 효과와 토양 보유수분의 모세관작용을 도모하였다.

식재층 반입토사에 대한 토양성분 분석 결과 국제법에 의한 토성은 식양토(CL)로 분류되었고, 유기물의 함량이 2.01%, 전질소가 0.03%로 나타나 우리 나라 산림토양 중의 유기물함량과 전질소 평균값보다 부족하여 식재시 유기질 퇴비를 교목은 주당 8kg, 관목은 주당 2kg을 흙과 혼용하여 사용하였으며, 기타 토양산도와 염분농도 등은 수목의 생육에 지장을 주지 않을 것으로 판단되었다.

3. 수목의 생육현황

식재된 수목의 고사 여부는 식재 준공 후 1, 2년이 경과된 시점에서 감독자와 수급인이 함께 입회한 상태에서 수관부 가지의 약 2/3이상이 고사된 경우를 고사목으로 판단하여 고사율을 파악하였다. 그 결과 표 4와 같이 곰솔, 모감주나무, 무궁화, 말발도리, 산철쭉은 1차조사(1999년 6월) 시점보다 2차조사(2000년 6월)때의 고사율이 벌어지는 경향을 보인 반면, 개나리는 1.84% 증가하였고, 조팝나무는 상당히 높게 고사율이 증가하였다. 전체적으로는 산철쭉(32.22%)과 조팝나무(18.89%)의 고사율이 높아, 본 대상지와 같은 매립상단 지역에서는 매립가스에 의한 환경변화에 약한 것으로 추정된다.

고사수목 이외의 수목 피해율의 조사에 있어서도 표 5와 그림 6에서와 같이 기간이 경과될수록 곰솔, 모감주나무, 무궁화, 말발도리, 개나리, 산철쭉은 매립지 환경에 적응이 되어 피해율이 대체로 떨어지는 경향을 보인 반면, 일반지역에서 생육 및 이식이 양호한 수종으로 알려진 조팝나무는 피해율이 5.77%에서 17.69%로

표 4. 수목 고사율

수종명		규격 (m)	단위	식재 수량	고사량			총고사율 (%)
학명	한국명				1차	2차	계	
<i>Pinus thunbergii</i> Parl	곰 솔	H3.0 × W1.0	주	80	7	2	9	11.25
<i>Pinus thunbergii</i> Parl.	곰 솔	H2.5 × W0.8	주	550	19	7	26	4.73
<i>Koelreuteria paniculata</i> Lax.	모감주나무	H2.5 × R4	주	150	8	5	13	8.67
<i>Hibiscus synactus</i> L.	무궁화	H1.5 × W0.4	주	370	16	5	21	5.68
<i>Spiraea prunifolia</i>	조팝나무	H1.0 × W0.5	주	900	28	142	170	18.89
<i>Deutzia parviflora</i> Bunge.	말발도리	H1.2 × W0.4	주	400	15	11	26	6.50
<i>Forsythia koreana</i> Nakai.	개나리	H1.2 × 5가지	주	1200	38	60	98	8.17
<i>Rho. yedoensis</i> v. <i>poukhanensis</i>	산철쭉	H0.5 × W0.6	주	900	186	104	290	32.22

표 5. 수목피해도 지수 및 피해율

구분	잎면색		위축 정도	낙엽율		지수 상태	신초 생장	소지 상태	정아 우세	수관 감소	수세	피해도 합계	피해율 (%)	
	1년생	2년생		1년생	2년생									
<i>Pinus thunbergii</i> Parl.(H3.0)	1차	0.2	0.2	0	0.3	0.2	0.7	2	0.6	0	0.8	1.6	6.6	18.86
	2차	0.2	0.6	0.2	0	0.6	0.1	0.4	0.7	0	0.1	0.2	3.1	8.86
<i>Pinus thunbergii</i> Parl.(H2.5)	1차	0.6	0.2	0	0.4	0.2	0.3	1.2	0	0	0.3	1.4	4.6	13.14
	2차	0.2	0.8	0.4	0	0.6	0.4	0.4	0.8	0.1	0.2	0.8	4.7	13.43
<i>Koelreutera paniculata</i> Lax.	1차	1		0.4	0.6		0.7	1	1	-	0.8	1.4	6.9	26.54
	2차	0.2		0.2	0.3		0.3	1.2	0.8	-	0.5	0.8	4.3	16.54
<i>Hibiscus synacus</i> L.	1차	0.8		0	0.6		0.4	0	0	-	0.3	1.2	3.3	12.69
	2차	0.4		0	0.2		0	0.6	0.4	-	0.1	0.2	1.9	7.31
<i>Spiraea pru. v. symplicifolia</i>	1차	0		0	0.5		0.2	0	0	-	0.2	0.6	1.5	5.77
	2차	0.6		0	0.6		0.2	0.7	1.1	-	0.4	1	4.6	17.69
<i>Deutzia parviflora</i> Bunge.	1차	0		0.6	0.6		0.2	0.4	2	-	0.4	1.4	5.6	21.54
	2차	0.2		0	0		0	0.8	0.6	-	0.1	0.2	1.9	7.31
<i>Poisylthia koreana</i> Nakai.	1차	0		0.6	0.2		0.2	0.4	2	-	0.4	1.4	5.2	20.00
	2차	0.2		0	0.2		0	0.9	0.5	-	0.3	0.8	2.9	11.15
<i>Rho. yedoense v. poukhanense</i>	1차	1.4		1.8	1		1	2	2	-	1	2	12.2	46.92
	2차	0		0	0.1		0.1	1.2	1	-	0.2	0.8	3.8	14.62

증가되어 계속적인 관찰이 요구되었다.

이상의 결과로 보아 폐기물매립이 완료된 후의 식생 층 조성은 가스차단에 의한 인공식생층 단면을 확보한 상태에서는 일반지역의 식재 활착율과 크게 차이점을 보이지 않는 것으로 나타나 식재 후 2년이 경과된 시점에서 볼 때 식재가 가능한 것으로 판단된다.

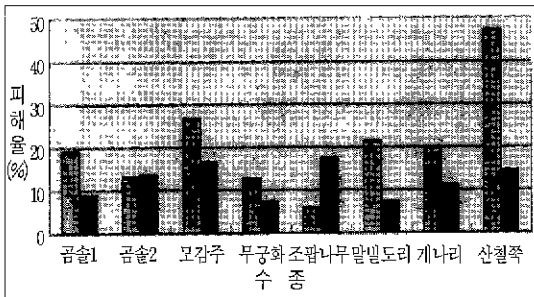


그림 6. 수목피해율 비교(년도별)
 범례: ◻: 1차조사(1999년 6월), ◼: 2차조사(2000년 6월)

IV. 결론

본 연구에서는 폐기물 매립지반에서 식생 도입을 위한 방안으로 수도권매립지 제1매립장(1공구) 단별 폐

기물 매립완료 후, 제방이격구간에 매립가스 차단 및 배제층을 설치하고 식재한 사재지역을 통해서, 인공식재지반 조성과정 및 수목의 생육상태를 고찰하여 식생의 도입가능 여부를 도출하였다.

1. 수도권매립지 제방이격구간의 인공식생층의 단면은 폐기물(쓰레기)층 중간복토(T=50cm)위에 가스배제층(잡석 T=30cm), 여과층(부직포 700g), Sheet 보호토(T=20cm), 차단층(HDPE Sheet 2.0mm), 배수층(Sand T=30cm), 여과층(부직포 700g), 식재층(T=90cm 이상) 순으로 시공한 후, 식재를 위한 마운딩(Top T=2.0m)을 조성하였다.

2. 식재 후 2년 동안 관찰한 결과, 인공식재지반 조성 후의 식재층은 토양 중 매립가스에 의한 직접적인 피해가 없는 것으로 나타나, 심한 부등침하에 의한 식재층의 피해가 발생되지 않는다면 현재까지는 식생의 도입이 가능하다고 보여지나, 보다 정확한 결과를 위해서는 계속적인 관찰이 요구된다.

3. 수목의 고사율은 곰솔(H3.0×W1.0m) 11.25%, 곰솔(H2.5×W0.8m) 4.73%, 모감주나무 8.67%, 무궁화 5.68%, 말발도리 6.50%, 개나리 8.17%, 등으로 조사되었고, 일반적으로 생육이 강한 산철쭉, 조팝나무는 각각 32.22%, 18.89%로 관찰되어, 본 대상지와 같

은 제방 매립상단 지역에서는 매립가스에 의한 환경변화에 약한 것으로 추정된다.

4. 고사수목 이외의 수목피해도 조사에 있어서는 곶솔, 모감주나무, 무궁화, 말발도리, 개나리, 산철쭉 등은 1차조사(1999년 6월)의 피해율(5.77~46.92%) 보다, 2차조사(2000년 6월) 때의 피해율(7.31~17.69%) 수준으로 나타났으나, 조팝나무만이 상대적으로 증가하여 추후 지속적인 관찰이 요구되었다.

이상의 결과로 종합해 볼 때, 쓰레기 구성성분의 분해과정에서 발생하는 토양중의 매립가스 차단이 가능하다면 식생의 도입은 가능할 것으로 판단되지만, 매립가스 방출로 인한 대기오염, 온도의 변화, 악취와 함께 차량이동에 따른 분진 등, 해안쓰레기매립지 특유의 환경변화에 대한 대책이 요구되는 바, 추후 이에 대한 식재방안 연구가 요망된다.

- 주 1 폐기물관리법 제2조 폐기물이란 쓰레기, 연소재, 오니, 폐유, 폐산, 폐알카리, 동물의 사체 등으로서 사람의 생활이나 사업활동에 필요하지 않게 된 물질을 말한다.
- 주 2 비교적 휘발성이 큰 혼합물을 각 성분으로 분리하는 방법으로 이러한 분리과정은 칼럼 내의 고정상과 이동상 사이에 각 성분이 분배되는 성질의 차이에 의해서 이루어진다. 그리고 분리된 각 성분은 검출기로 감지되고 측정되는 것이다

인용문헌

1. 건설기술연구원(1998) 폐기물 매립시설의 설계·시공 기술에 관한 연구.
2. 건설기술연구원(1999) 위생매립지 건설 및 비위생매립지 복원기술
3. 구영본, 노의래, 우수영, 이성규(1998) 포플러를 이용한 쓰레기매립지의 녹화 및 침출수 처리. (사)한국포플러위원회 포플러 15 19-29.
4. 국립환경연구원(1988) 환경오염 식물지표법의 개발연구(Ⅱ) pp. 115-117.
5. 대한주택공사 주택연구소(1995) 생육환경 특성을 고려한 아파트단지내 조경수목 선정 및 식재방안 연구. pp. 79-169.
6. 수도권매립지운영관리조합(1996) 수도권매립지(1공구5·6단)매립작업 및 부대공사 실시계획 보고서 pp 175-181.
7. 이정재, 오충현, 류창희, 오구관(1990) 게포시민의 숲의 배식에 관한 연구(Ⅰ) 한국조경학회지 18(13) 71-73
8. 이기철, 김동필 역(1992) 최침단의 녹화기술 pp 127-140
9. 환경부(1996) 매립가스 처리 및 이용기술 개발.
10. 産業廢棄物處理事業振興財團(1996) 産業廢棄物處理施設整備に係る技術開發の調査研究
11. 産業廢棄物處理事業振興財團(1998) 産業廢棄物處理施設整備に係る技術開發の調査研究
12. 重松敏則(1981) 埋立塵芥の分解 ガスカ植減木に及ぼす影響とその対策に関する實驗的研究 造園雜誌 44(4): 179-190.
13. Chnstlensen, T H., Cossu, R. and Stegmann, R.(1995) Sitng, Lining Drainage and Landfill Mechanics(Ⅱ) SARDINIA 95 fifth International Landfill Symposium, Italy CISA, pp. 508-530
14. George, T., Hilary, T. and Samuel, V (1993) Integrated Solid Waste Management, Princeton' McGraw-Hill, Inc. pp 770-790.

 원고접수. 2001년 1월 27일
 최종수정본 접수. 2001년 2월 26일
 3인 익명 심사필