

## 건설발생토의 식재용토 재활용을 위한 적합성 평가

윤용한<sup>1</sup> · 김원태<sup>1\*</sup> · 박봉주<sup>2</sup> · 김선주<sup>2</sup> · 임병옥<sup>2</sup> · 손진관<sup>1</sup>

<sup>1</sup>건국대학교 산림과학과, <sup>2</sup>건국대학교 자연과학연구소

### Evaluation of the Recycled Waste Soils from Construction Site for Vegetation Media

Yong-Han Yoon<sup>1</sup>, Won-Tae Kim<sup>1\*</sup>, Bong-Ju Park<sup>2</sup>, Sun-Ju Kim<sup>2</sup>,  
Byeong-Ok Im<sup>2</sup>, and Jin-Kwan Son<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Forest Science, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea

<sup>2</sup>Research Institute of Natural Science, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea

#### ABSTRACT

This study was carried out to evaluate the recycled waste soils from construction site for using vegetation media. The concentrations of Cd, Pb, Cr<sup>6+</sup>, As, Hg, Cu, Cn, organic P, TCE, and PCE were measured at recycled soil piles of an industrial waste treating company in the Metropolitan landfill area.

The concentrations of polluted materials did not exceed to the standard critical levels of soil pollution in all analyzed items. The results suggested a high potential of recycling of the wastes soils for vegetation soil media. However, Cd and Cr<sup>6+</sup> almost reached the critical levels by the time of sampling, and it is necessary to develop a skill to lower concentrations of those pollutants. In the turfgrass test, the recycled soil did show an encouraging result as vegetation media in the early growth stage of perennial ryegrass.

**Key words** : construction waste, recycled waste soil, soil pollution, turfgrass, vegetation media

---

\*Corresponding author. Tel : 043-840-3536  
E-mail : midori66@kku.ac.kr

## 서론

환경부 통계자료에 따르면 2003년도 우리나라 건설폐기물의 양은 일일 145,420톤으로 연간 약 53,080,000톤에 이르고 있다(환경부, 2004). 이는 전년대비 21.0% 증가한 것으로 '96년부터 '03년까지 지속적인 증가추세를 보이고 있는데 이러한 경향은 급격한 경제발전의 과정에서 건설된 건축물의 수명과 '60~'70년대의 도시집중화 현상에 따른 최근의 건설 수요 등을 고려해 볼 때 건축물 해체와 신축 등으로 인해 앞으로도 꾸준히 증가할 것으로 예상된다. 더욱이 우리나라의 경우 도시의 유효이용 부지가 협소하기 때문에 대부분 건축물의 해체 없이는 신축이 불가능한 상황이다. 또한, 국민의식이 선진국처럼 건축물의 외장은 그대로 보전한 채 내장재와 배관 및 설비만을 교체, 수선하여 건축물의 수명을 연장시켜 사용하는 실용적이고 합리적인 의식이 부족한 반면 조금 노후화된 건축물도 일단 해체한 후 재건축하려는 경향이 다른 나라에 비해 매우 높기 때문이라고 볼 수 있다. 따라서 이러한 상황 역시 해체 및 신축으로 인한 건설폐기물량을 더욱 가중시키고 있는 형편이다(한국자원재생공사, 1995; 최민수, 1998).

한편 현재 수도권매립지 주변에 위치한 건설폐기물 중간처리업체는 서울시, 경기도 및 인천시에서 발생되고 있는 건설폐기물을 반입하여 처리하고 있다. 반입된 건설폐기물의 조성은 토분 및 콘크리트가 대부분을 차지하고 있으며, 그 이외에 폐목재, 철근, 비닐 등의 협잡물 등도 일부 포함되어 있다. 이러한 건설폐기물은 중간처리업체 내 자체 처리공정을 거쳐 토분이 먼저 분리·선별되며, 콘크리트가 파쇄되면서 골재, 석분, 철근 등이 발생하고 있다. 분리·선별된 골재류는 수요가 지속적

으로 발생하여 적재되는 일 없이 반출되고 있는 상황이나 토분 및 석분은 위해성이 크지 않음에도 불구하고 현재 수요처가 없는 관계로 상당량이 중간처리업체 안에 적재되어 있어 미관상의 문제뿐만 아니라 먼지 발생 등의 환경적인 문제도 야기시키고 있는 실정이다.

분리·선별된 토분은 대부분은 토사이고, 미량의 협잡물 및 석분이 섞여 있는 상태로 일반 토사의 성상과는 다소 차이가 있을 것으로 판단되나 개량 등의 방법을 통해 충분히 재활용할 수 있을 것으로 사료된다. 본 연구는 중간처리업체에서 분리·선별한 토분을 건설발생토라고 정의하고 이러한 발생토의 토양오염도를 조사하여 환경식재기반 조성에 활용할 수 있는 토양으로 개량 및 활용할 수 있는 방안으로 토양오염물질과 잔디생육을 알아보고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

본 연구에 사용한 공시토양인 건설발생토는 수도권 매립지 내 위치한 건설폐기물 중간처리업체인 C업체에서 그림 1과 같은 처리공정을 통해 생산된 토분을 중심으로 하였다. 건설발생토의 분석시료를 채취할 때에는 폐토석의 적치지역을 중심으로 1점, 주변 4방향에서 각 1점씩 총 5점의 시료를 채취한 후 이를 혼합하여 분석시료로 사용하였으며, 채취시기를 달리하여 총 3회 4개체의 시료를 채취하여 분석에 사용하였다.

건설발생토를 환경식재기반으로의 활용 여부를 판단하기 위해 폐기물공정시험법에 의거 용출실험을 실시하였으며, 토양환경보전법에 의한 토양오염공정시험법에 의거하여 용출실험을 실시하여 건설발생토의 유해물질 함량 및 토양오염도를 측정·분석하였다.

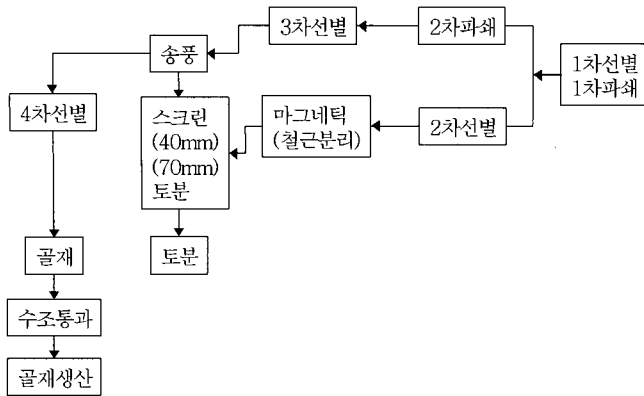


그림 1. 반입 건설폐기물의 처리 공정도

**폐기물공정시험법에 의한 용출실험**

폐기물공정시험법(환경부, 2000)에 의한 용출실험에 이용한 시료액의 조제는 시료와 용매를 1:10의 비율로 혼합하여 혼합액이 500ml 이상이 되도록 하였다. 따라서 시료를 50g 이상 사용하였으며, 용매는 증류수에 염산을 가하여 pH 5.8-6.3으로 조절된 것을 사용하였다. 용출조작은 진탕 횟수가 분당 약 200회, 진폭 4-5cm의 진탕기를 사용하여 6시간 연속으로 진탕한 후 여과액을 적당량 취해 시험용액으로 하였다.

중금속 중 카드뮴은 원자흡광광도법(Perkin-Elmer AAS Analyst 800)에 따라 228.8nm에서 전처리한 시험용액의 흡광도를 측정하고 미리 작성한 검량선으로부터 카드뮴의 양을 구하고 농도(mg/l)를 산출하였다. 납은 원자흡광광도법에 따라 283.3nm에서 전처리한 시험용액의 흡광도를 측정하고 미리 작성한 검량선으로부터 납의 양을 구하고 농도(mg/l)를 산출하고, 바탕시험을 행하여 보정하였다. 6가 크롬은 원자흡광광도법에 따라 357.9nm에서 전처리한 시험용액의 흡광도를 측정하고 미리 작성한 검량선으로부터 6가 크롬의 양을 구하고 농도(mg/l)를 산출하였다. 비소는 염화제일주석으로 시료 중의 비소를 3

가 비소로 환원한 다음 아연을 넣어 발생하는 비화수소를 통기하여 알곤-수소 불꽃으로 원자화시켜 193.7nm에서 흡광도를 측정하고 비소를 정량화하였다. 수은은 시료에 염화제일주석을 넣고 금속수은으로 환원시킨 다음 이 용액에 통기하여 발생하는 수은증기를 원자화시켜 253.7nm에서 흡광도를 측정하고 수은을 정량화하였다.

구리는 원자흡광광도법에 따라 324.7nm에서 전처리한 시험용액의 흡광도를 측정하고 미리 작성한 검량선으로부터 구리의 양을 구하고 농도(mg/l)를 산출하였다. 바탕시험을 행하여 보정하였다. 시안은 pH 2 이하의 산성에서 에틸렌디아민테트라아세트산 나트륨을 넣고 가열 증류하여 시안화물 및 시안착화합물의 대부분을 시안화수소로 유출시키고 수산화나트륨용액에 포집하였다. 포집된 시안이온을 중화하고 클로라민T를 넣어 염화시안으로 하여 피리딘·피라졸론 혼액을 넣어 나타나는 청색을 620nm에서 측정하였다.

유기인은 시험용액 2μl을 마이크로시린지를 사용하여 가스크로마토그래프에 주입하고 크로마토그램을 기록하였다. 각 성분별 유지시간에 해당하는 피이크로부터 피이크면적을 측정하여 미리 작성한 검량선으로부터 각 성분별 양을 구하고 농도(mg/l)를 산출하였다. 결과는 각 성분별 농도를 합산하여 유기인으로 표시하였다. PCB 및 TCE는 시험용액 2μl을 마이크로시린지를 사용하여 가스크로마토그래프에 주입하고 크로마토그램을 기록하였다. 각 성분별 유지시간에 해당하는 피이크로부터 피이크면적을 측정하여 미리 작성한 검량선으로부터 각 성분별 양을 구하고 농도(mg/l)를 산출하였다.

### 토양오염공정시험법에 의한 토양오염도 측정

토양오염도는 토양오염공정시험법으로 분석·측정하였다. 시료액의 조제는 토양시료 10g을 100ml 삼각프라스크에 취하여 0.1HCl 50 ml(크롬의 경우 0.2M-CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>, 비소의 경우 1N-HCl 침출성)를 가한 다음 실온에서 1시간 진탕하고 No. 5B로 여과하여 시험용액으로 하였다. 카드뮴과 납, 6가크롬, 비소, 수은, 구리, 시안, 유기인, PCB 및 페놀은 폐기물공정시험법에 의한 용출실험과 동일한 방법으로 측정하였다.

### 건설발생토를 이용한 잔디생육 실험

건설발생토의 환경식재기반으로의 활용 가능성을 확인하기 위하여 한지형잔디인 페레니얼라이그래스(*Lolium perenne* L. cv. Brightstar II)를 공시식물로 선정하여 건설발생토와 대조구로서 산흙을 1/5000a 와그너포트에 담고 페레니얼라이그래스를 포트당 각각 2g씩 3반복으로 파종하였다. 파종 후, 유리온실에서 관리하며 적정 관수를 실시하였다. 측정항목으로는 파종후 1주일 간격으로 초장길이를 4주간 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 폐기물공정시험법에 의한 유해물질 용출

건설발생토를 토양으로 활용할 수 있는지 아니면 지정폐기물로 처분 또는 매립지 복토

재로 활용할 것인지의 여부를 확인하기 위하여 폐기물공정시험법에 따라 카드뮴, 구리, 비소, 수은, 납, 6가 크롬, 시안, 유기인, PCB 및 TCE 함량 등 유해물질 용출실험을 실시한 결과를 표 1에 나타냈다.

건설발생토의 용출실험 결과, 비소와 수은, 유기인, PCB 및 TCE는 검출되지 않았다. 카드뮴의 경우, 0.06-0.10mg·L<sup>-1</sup>범위로 지정폐기물에 함유된 유해물질의 기준치 0.30mg·L<sup>-1</sup>보다 매우 낮은 수준이었다. 납의 경우 0.1-0.3 mg·L<sup>-1</sup>범위로 기준치의 약 1/10이상 낮았다. 6가크롬 역시 0.1-0.2mg·L<sup>-1</sup>범위로 기준치 1.5 mg·L<sup>-1</sup>보다 매우 낮은 수준이었다. 구리의 경우 0.1-0.2mg·L<sup>-1</sup>범위로 기준치의 약 1/15이상 낮게 나타났다. 분석결과를 종합해 볼 때, 건설발생토의 유해물질 함량은 분석항목 모두 지정폐기물에 함유된 유해물질 기준치 이내였다. 따라서, 본 연구에 사용된 공시토양인 건설발생토의 경우 일단 지정폐기물이 아닌 자원으로서의 재활용 가능성이 인정되었다고 할 수 있다.

### 토양오염공정시험법에 의한 토양오염도

건설발생토의 오염도를 알아보기 위해 토양오염공정시험법에 따라 카드뮴과 구리, 비소, 수은, 납, 6가 크롬, 시안, 유기인, PCB 및 페놀 등을 측정하였으며, 그 결과를 표 2에 나타냈다.

건설발생토의 토양오염공정시험 결과 비소, 수은, 시안, 유기인, PCB, 페놀은 검출되지

표 1. 폐기물공정시험법에 의한 건설발생토의 유해물질 함량.

구 분	카드뮴	납	6가 크롬	비소	수은	구리	시안	유기인	PCB	TCE
	(mg/L)									
건설발생토	0.06±0.01 <sup>z</sup>	0.2±0.1	0.1±0.01	ND <sup>y</sup>	ND	0.2±0.01	ND	ND	ND	ND
기준치 <sup>x</sup>	0.30	3.0	1.5	1.5	0.005	3.0	1.0	1.0	0.1	0.3

<sup>z</sup>평균±표준편차.

<sup>y</sup>검출안됨.

<sup>x</sup>지정폐기물에 함유된 유해물질(폐기물관리법 시행규칙 별표1 참조).

표 2. 토양오염공정시험법에 의한 건설발생토의 토양오염도

구 분	카드뮴	납	6가 크롬	비소	수은	구리	시안	유기인	PCB	페놀
	(mg/kg)									
건설발생토	0.7±0.1 <sup>z</sup>	1.7±0.21	1.2±0.41	ND <sup>y</sup>	ND	0.3±0.1	ND	ND	ND	ND
우려기준 <sup>x</sup>	1.5	100	4	6	4	50	2	10	-	4
대책기준	4.0	300	10	15	10	125	5	-	-	10

<sup>z</sup>평균±표준편차.

<sup>y</sup>검출안됨.

<sup>x</sup>논, 밭, 과수원, 목장용지, 하천 체육용지(수목, 잔디생육지 포함)(환경부, 2001).

않았다. 카드뮴의 경우 0.6-1.3mg·kg<sup>-1</sup>범위로 우려기준인 1.5mg·kg<sup>-1</sup>을 초과하지는 않았지만 매우 근접된 수준으로 향후 카드뮴을 최대한 줄일 수 있는 조치가 이루어져야 한다고 판단되었다. 납의 경우 0.2-3.0mg·kg<sup>-1</sup>범위로 우려기준의 약 1/30이상 낮은 수준이었다. 6가크롬의 경우 0.9-2.2mg·kg<sup>-1</sup>범위로 우려기준 4.0 mg·kg<sup>-1</sup>보다 낮은 수준이었으나 이것 역시 카드뮴과 마찬가지로 향후 최대한 줄일 수 있는 방안이 강구되어야 한다고 판단되었다. 구리의 경우 0.1-0.3mg·kg<sup>-1</sup>범위로 우려기준의 약 1/20이상 낮은 수준이었다.

분석결과를 종합해 볼 때, 건설발생토의 오염도는 분석항목 모두 토양오염 우려기준을 초과하지 않는 것으로 나타났으나, 카드뮴과 6가크롬의 경우에는 채취시기에 따라서는 우려기준에 도달할 경우도 발생할 수 있으므로 감소방안의 강구가 필요하리라 사료된다.

### 건설발생토가 잔디생육에 미치는 영향

건설발생토가 한지형잔디인 페레니얼라이그래스의 생육에 미치는 영향을 검토한 결과, 대조구인 산흙에 비해 전체적으로 초장길이는 낮게 나타났지만 식생토사로 활용 가능성이 있는 것으로 나타났다(그림 2, 3). 하지만 다른 초종에 대한 추가실험과 더불어 목본류를 대상으로 한 생육실험 등의 후속과제가 필요한 것으로 사료된다.

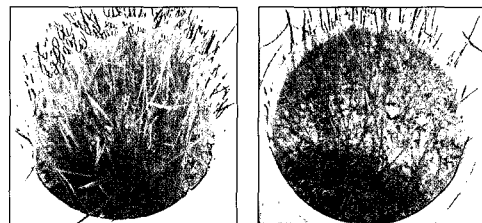


그림 3. 잔디파종 후 14일째 생육모습  
왼쪽 : 대조구(산흙), 오른쪽 : 건설발생토.

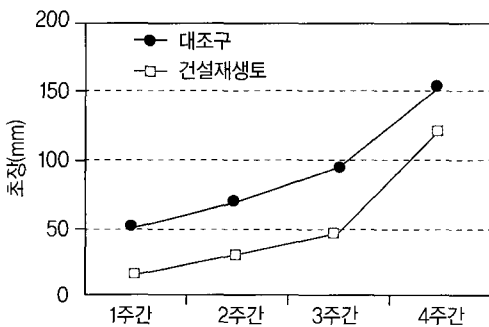


그림 2. 잔디 생육 비교.

### 요 약

본 연구는 수도권매립지 주변 건설폐기물 중간처리업체 내에 적재되어 있는 건설발생토의 유해물질 함량과 토양오염도를 측정하여 환경식재기반으로서의 활용 가능성에 대해서 검토하였다. 본 연구에 사용된 건설발생토의 유해물질 함량은 분석항목 모두 지정폐기물에 함유된 유해물질의 기준치 이내로 나타나 환경식재기반으로서의 재활용 가능성이 높은 것으로

나타났다. 토양오염도의 분석에서 토양오염 허용기준을 초과하지 않는 것으로 나타났고, 잔디 생육실험에 있어서도 건설 발생토는 식생토사로서의 활용 가능성이 있는 것으로 나타났다.

**주요어** : 건설폐기물, 식생기반, 재활용, 잔디, 토양오염

### 참고문헌

1. 류창현, 김유일. 2004. 스테기 매립지를 이용한 골프장 건설에 관한 연구. 한국잔디학회지 18(1):47-53.
2. 안기의 외 8인. 1995. 매립지 정화 및 토지 재이용. 환경정책심포지엄 자료집. 아태 환경 NGO 한국본부.
3. 최민수. 1998. 건설폐기물 적정처리 및 재활용 정책방안. 한국건설연구원.
4. 한국자원재생공사. 1995. 건설폐기물 재활용 가이드라인 설정 및 재활용 촉진 방안.
5. 환경부. 1999. 토양오염공정시험법.
6. 환경부. 2000. 폐기물공정시험법.
7. 환경부. 2004. 2003전국 폐기물 발생 및 처리현황, 환경부.
8. 환경부. 2005. 건설폐기물 재활용촉진에 관한 법률.