

# 낙동강 중류 고수부지내 매립폐기물 특성 연구

## Characterization of Illegally Dumped Wastes in Riversides of Nakdong River

김 영 석<sup>1)</sup> · 최 보 램<sup>2)</sup> · 이 원 태<sup>3)</sup> · 강 성 원<sup>4)</sup> · 안 광 호<sup>5)</sup> · 이 태 윤<sup>†</sup>

Kim, Youngsug · Choi, Boram · Lee, Wontae · Kang, Sungwon · Ahn, Kwangho · Lee, Taeyoon

**ABSTRACT** : This study was performed to evaluate characteristics of illegally dumped wastes in the riversides of Nakdong river found during dredging of Nakdong river. Precise classification of the wastes found in the riversides is essential to proper treatment of the wastes. We tried to determine whether these wastes contained toxic compounds and stabilized. Wastes were found at 27 sampling points out of 159 segments investigated and these wastes were not classified as toxic wastes. In addition, clay soils were found at 60 sampling points, and these soils were not classified as wastes. Thus, these soils are thought to be recycled as construction materials. Some samples were not stabilized, which means biodegradation was still progressed in these areas.

**Keywords** : Nakdong river, Wastes, Korea waste characterization method, Heavy metals, Organic contents

**요 지** : 본 연구는 낙동강 준설사업 중 발견된 폐기물의 종류, 매립량, 지정폐기물 여부 및 안정화 상태를 파악하기 위하여 수행되었다. 발견된 폐기물의 정확한 분류는 향후 폐기물의 적정처리를 위해 필수적인 과정이다. 낙동강 중류지역 고수부지 내 굴착조사지점 159개 중 27곳에서 폐기물이 발견되었으며, 분석결과 이들 폐기물은 지정폐기물로 분류되지 않았다. 또한 60곳에서 점질토가 출토되었는데, 이들은 폐기물로 분류되지 않았고 일반토양과 같이 현장에서 재활용이 가능할 것으로 판단되었다. 일부 시료의 경우, 안정화되지 않고 유기물 분해가 일어나는 것으로 판명되었다.

**주요어** : 낙동강, 폐기물, 폐기물공정시험법, 중금속, 유기물함량

### 1. 서 론

현재 국내에서는 한강, 낙동강, 영산강, 금강의 4대강 살리기 사업이 진행이 되고 있는데, 이 사업은 홍수방지, 수자원확보 및 기후변화에 적절히 대응하기 위한 치수사업이다. 이러한 치수사업의 목적을 달성하기 위해 퇴적토 준설과 함께 일부 지역의 경우, 고수부지를 굴착하여 하천단면으로 만드는 공사가 포함되어 있다. 낙동강 준설로 발생되는 준설토는 약 4억 4천만 m<sup>3</sup>의 방대한 양이 발생하는데, 이는 24톤 트럭 3천 100만대 분량의 대단히 많은 분량이다(윤길림 등, 2010).

하천이나 항만공사 시 발생하는 준설토는 산업 활동으로 인한 영향으로 중금속과 난분해성 유기물질로 오염되어 있는 경우가 많이 발생하며, 이러한 오염 준설토는 준설과정에서 부유하여 수질 및 생태계에 악영향을 주기 때문에, 오염준설토의 적절한 관리는 필수적인 사항이다(안재환 등,

2005). 하천, 항만공사 시 발생하는 준설토의 처리는 해양투기(이대인 등, 2009; 엄기혁 등, 2009) 혹은 재활용(안재환 등, 2005)하는 방안이 제안되었고, 재활용을 위한 오염도 평가도 수행이 되었다(윤길림 등, 2008).

위의 선행연구들은 하천과 항만에 퇴적된 준설토에 적용이 가능한 연구로서 본 조사에서처럼 준설구간에 포함된 지역이 불법 매립된 폐기물을 포함하는 경우에는 적용하기 어렵다.

현재, 국내의 현장에서 발생하는 준설토의 적절한 처리 및 재활용을 위한 적절한 지침이 부재하여 굴착공사의 원활한 진행을 어렵게 하고 있다. 또한 과거에 불법으로 매립된 폐기물이 공사 중 발견되어 이에 대한 처리가 필요하나 발견된 폐기물의 종류, 유해성 여부, 매립량에 대한 정보가 부족하여 신속하고 적절한 폐기물 처리에 많은 문제점이 발생하고 있다. 특히, 낙동강 중류지역 고수부지에서 폐기물이 불법 매립되어 있는 것이 확인되어 사회적

1) 비회원, 한국건설기술연구원 건설환경연구실 연구위원

2) 비회원, 부경대학교 환경해양대학 환경공학과 대학원

3) 비회원, 금오공과대학교 환경공학과 조교수

4) 비회원, 한국건설기술연구원 건설환경연구실 수석연구원

5) 비회원, 한국건설기술연구원 건설환경연구실 연구원

† 정회원, 부경대학교 환경해양대학 환경공학과 부교수(E-mail : badger74w@pknu.ac.kr)

이슈가 되고 있으며, 해당구간의 경우, 불법매립지역이 준설구간과 준설 외 구간에 걸쳐 넓게 분포되어 있어 사업 진행에 앞서 정확한 매립량과 폐기물의 종류를 규명할 필요가 있다.

사용종료매립지정비지침은 사용종료 매립지의 합리적인 정비 및 토지의 효율적인 활용을 유도하기 위해 제정되었으며, 사용종료 매립지라 함은 폐기물 관리법 제29조 제2항의 규정에 의한 설치승인(신고)을 받지 아니하고 설치된 폐기물 매립지가 사용이 종료되거나 폐쇄된 매립지(공구별·단계별로 종료된 것을 포함한다)를 말하는 것으로, 본 연구에서는 낙동강 중류지역 고수부지 내에 불법으로 매립된 비위생 매립지를 환경부의 사용종료매립지정비지침(환경부, 2010)에 따라 매립폐기물 조사 및 분석을 실시하였으며, 본 연구는 폐기물 매립지역을 조사하여 매립된 폐기물량을 산정하고 폐기물의 종류를 분류함으로써 불법매립지역에 대한 원활한 정비를 지원하고자 한다.

## 2. 조사 및 분석방법

### 2.1 시료채취 및 연구범위

본 조사구역은 경상남도 김해시 상동면에 위치하고 있으며, 해당 구간에 대해 40m × 45m 크기의 격자로 나누어, 총 159개의 격자에 대하여 굴착조사를 실시하였다.

매립폐기물 조사는 기존에 설정한 격자의 중간에서 지하수위(일반적으로 5m)까지 굴착을 하였으며, 굴착과정에서 발생하는 굴착토와 굴착단면을 육안으로 조사하여 기존 자연토양과 다른 점이 발견되면 시료를 채취하여 사용종료 매립지 정비지침에 따라 폐기물 분석을 실시하였다.

본 연구는 사용종료 매립지 정비지침에서 요구하는 분석항목 중 매립폐기물 분석결과에 대해서 논의하고자 한다. 매립폐기물의 경우 납, 구리, 비소, 수은, 카드뮴, 6가크롬, 시안, 유기인, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 기름 성분, 삼성분(수분, 가연분, 회분) 및 원소분석(C, H, O, N, S, Ash)에 대해 분석하였다.

### 2.2 실험방법

조사를 위해 수행한 실험은 폐기물에 대한 강열감량, 원소분석, 용출실험을 실시하였으며, 강열감량과 용출실험은 폐기물공정시험법에 따라 실시하였다. 원소분석은 건조, 분쇄와 같은 전처리를 한 후 Vario Macro and Micro Elemental Analyzer(Elementar, Germany)를 사용하여 분석하였다.

### 2.2.1 강열감량

폐기물의 유기물 함량을 나타내는 강열감량은 폐기물공정 시험법에 따라 충분히 건조된 시료 약 5g을 550℃ 전기로에서 2시간 동안 강열시킨 후 시료를 데시케이터 속에서 항량이 되도록 건조하고, 강열 전·후의 무게차로서 계산하였다.

### 2.2.2 폐기물 용출시험

고상 또는 반고상 폐기물에 대하여 국내 폐기물관리법에서 규정하고 있는 지정폐기물의 판정 및 지정폐기물의 중간처리방법 또는 매립방법을 결정하기 위한 실험으로 각 시료 100g을 3차 증류수(pH 6.3)와 1:10의 비율(100g 시료 : 1L 증류수)로 2L 시료병에 넣어 혼합한다. 혼합액을 상온, 상압에서 진탕횟수는 매분당 약 30회, 진폭 4-5cm의 수평 진탕기를 사용하여 6시간 연속 진탕한 후 0.45um 여과지로 거른 후 양이온, 음이온 및 유기물질을 분석하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 매립폐기물 발생지점

매립폐기물 조사는 굴착기를 이용하여 대상 지역을 굴착하면서 육안으로 폐기물 존재 여부를 확인하였다. 발견된 폐기물은 대부분이 육안으로 종류를 구분할 수 있었으며, 발견된 대표적 폐기물의 종류는 그림 1에 나타나 있다. 주로 금속조각, 섬유조각, 페비닐 등과 같이 육안으로 쉽게 구별이 되었으나, 일부 폐기물의 경우 혼합폐기물 형태로 존재하여 구별이 쉽지 않은 경우도 있었다. 폐기물로 의심되는 시료는 환경부의 지정분석기관에서 채취하여 실험실로 운반한 후, 폐기물공정시험법에 따라 폐기물분석을 수행하였다. 폐기물로 판명된 지점은 그림 2에 표시되어 있으며, 오른쪽 지점에 대부분의 폐기물이 매립되어 있음을 알 수 있다.

### 3.2 매립폐기물 현황

매립폐기물은 사업장 배출시설계 폐기물, 건설폐기물, 지정폐기물로 분류가 되는데, 지정폐기물의 경우 주변 환경에 심각한 영향을 줄 수 있으므로 특별한 처리를 필요로 하는 폐기물을 의미한다. 지정폐기물 여부를 확인하기 위해 폐기물 공정시험법에 따라 용출시험을 실시하였고 그 결과는 표 1에 요약되어 있다. 오염도가 심하다고 판단된 27개 시료를 선정하여 용출시험을 하였으며, 시험결과 모든 시료는 지정폐기물에 해당되지 않았다. 폐기물 용출시험의 경우 대부분의 시료에서 오염물질이 발견되지 않았고, 일부 시료의 경우 중금속 항목이 검출이 되었으나 기준치에 비해 낮아 환



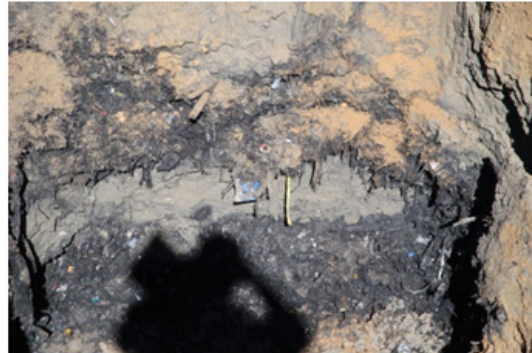
(a) 금속조각



(b) 검유

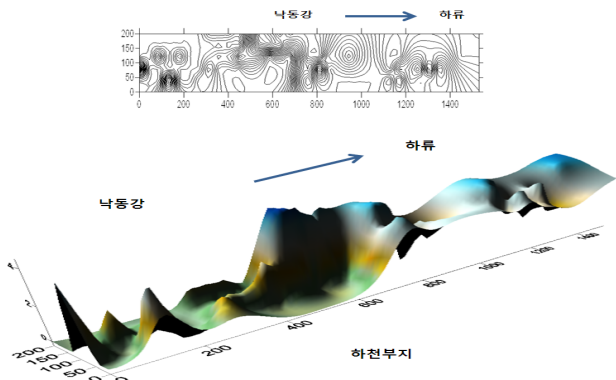


(c) 플라스틱

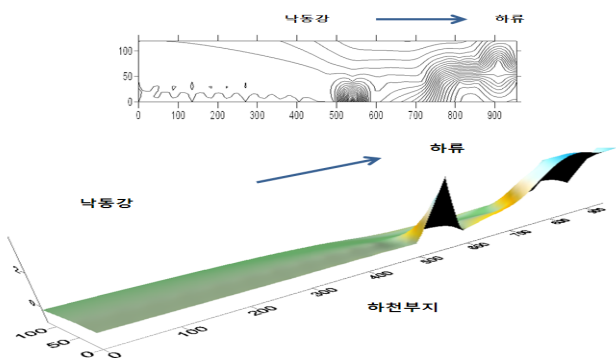


(d) 굴착단면

그림 1. 조사지역에서 발견된 폐기물의 종류



(a) 오른쪽



(b) 왼쪽

그림 2. 조사지역에서 발견된 폐기물의 분포도

경오염 가능성은 낮다고 판단할 수 있다. 유기인, TCE, PCE와 같은 난분해성 유기물질은 전혀 검출이 되지 않았고, 기름성분(기준치 5%)의 경우 최대 0.006%에서 불검출의 범위로 분포하였다. 위 용출시험 결과를 토대로 판단할 때 조사 지역에서 발견된 폐기물의 경우, 지정폐기물은 존재하지 않으므로 폐기물의 분류는 폐건설자재, 폐석, 폐콘크리트 등이 다량 포함된 시료는 건설폐기물로 분류하였으며, 나머지 폐기물은 사업장 일반폐기물로 분류하였다.

매립폐기물 발견지점 및 매립량은 표 2에 요약되어 있다. 조사지점은 총 159개의 지점을 굴착조사 하였는데, 폐기물 발견지점은 사업장 일반폐기물 18개 지점, 건설폐기물 9개 지점으로 총 27개 지점에서 폐기물이 발견되었다. 또한, 60개 지점에서 점질토가 발견되었는데, 이는 하천변에 퇴적된 퇴적토 또는 외부에서 유입된 점질토로 추정된다. 점질토의 경우, 오염되어 있지 않으면 현장에서 재사용이 가능하므로 폐기물로 분류하지 않고 점질토로 따로 분류하였다.

폐기물 매립량은 폐기물이 발견된 구획의 넓이와 굴착단면을 통해 확인된 폐기물의 분포를 고려하여 산정하였다. 조사지점 중 사업장 일반 폐기물은 86,400m<sup>3</sup>, 건설폐기물은 41,760m<sup>3</sup>, 점질토는 304,340m<sup>3</sup>으로 사업장 일반 폐기물, 건설폐기물, 점질토의 비율이 각각 20%, 10%, 70%로 나타났

표 1. 낙동강 유역에서 발견된 굴착폐기물의 용출시험 결과(규제치 ( ), 단위 mg/L)

시료명	시안 (1.0)	6가크롬 (1.5)	구리 (3.0)	카드뮴 (0.3)	납 (3.0)	비소 (1.5)	수은 (0.005)	기름성분 (5%)	유기인 (1.0)	TCE (0.3)	PCE (0.1)
# 1	불검출	불검출	0.029	불검출	불검출	불검출	불검출	0.002	불검출	불검출	불검출
# 2	불검출	불검출	0.02	불검출	0.042	불검출	불검출	0.004	불검출	불검출	불검출
# 3	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.002	불검출	불검출	불검출
# 4	불검출	불검출	0.023	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
# 5	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.002	불검출	불검출	불검출
# 6	불검출	불검출	0.061	불검출	0.177	불검출	불검출	0.012	불검출	불검출	불검출
# 7	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
# 8	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
# 9	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.004	불검출	불검출	불검출
# 10	불검출	불검출	0.024	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
# 11	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
# 12	불검출	불검출	0.047	불검출	0.074	불검출	불검출	0.006	불검출	불검출	불검출
# 13	불검출	불검출	0.083	불검출	0.164	불검출	불검출	0.006	불검출	불검출	불검출
# 14	불검출	불검출	0.022	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
# 15	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.002	불검출	불검출	불검출
# 16	불검출	불검출	0.147	불검출	0.12	0.101	불검출	0.002	불검출	불검출	불검출
# 17	불검출	불검출	0.055	불검출	0.079	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
# 18	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.005	불검출	불검출	불검출
# 19	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.004	불검출	불검출	불검출
# 20	불검출	불검출	0.025	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
# 21	불검출	불검출	0.026	불검출	0.114	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
# 22	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.004	불검출	불검출	불검출
# 23	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
# 24	불검출	불검출	0.081	불검출	0.193	불검출	불검출	0.004	불검출	불검출	불검출
# 25	불검출	불검출	0.132	불검출	0.216	불검출	불검출	0.002	불검출	불검출	불검출
# 26	불검출	불검출	0.058	불검출	0.1	불검출	불검출	0.002	불검출	불검출	불검출
# 27	불검출	불검출	0.025	불검출	불검출	불검출	불검출	0.004	불검출	불검출	불검출

표 2. 폐기물이 발견된 지점수와 매립량

종 류	지점수	매립량(m <sup>3</sup> )
굴착 조사 지점수	159	432,500
사업장 일반폐기물	18	86,400
건설폐기물	9	41,760
폐기물 소계	27	128,160
점질토	60	304,340

다. 폐기물 종류 및 매립량을 표 3에 나타내었다.

### 3.3 매립지 안정화 평가

매립폐기물에 대한 안정화 평가는 매립폐기물 토사성분 중의 가연물 함량이 5% 미만 또는 C/N비가 10이하일 경우와 매립폐기물을 용출시험하여 나온 용출액의 수질이 침출수 배출허용기준에 적합할 경우를 고려하여 평가 수행하였다. 조사지역 시료에 대한 가연물 함량 및 C/N는 표 3에 정리되어 있다.

가연물 함량이 5% 이상이고 C/N비가 10이상인 시료는 #3, #11, #14로 이들 시료는 안정화되지 않은 것으로 판단된다. 그러나 폐기물 용출시험 결과를 침출수 배출허용기준과 비교했을 때, 모든 결과값이 허용기준 이내에 존재하여 안정화되었음을 알 수 있다. 따라서, 용출시험 결과를 이용할 때는 안정화 기준을 만족하였고, 가연물 함량 혹은 C/N 값을 적용 시 일부 시료의 경우 안정화되지 않았기 때문에 보수적 관점에서 판단 시 모든 시료가 안정화되지 않은 것으로 판단된다.

## 4. 결 론

본 연구의 결과는 향후 낙동강 하천부지의 준설 작업 시 발생할 수 있는 불법매립폐기물 처리와 관련하여 불법폐기물의 관리기준 수립의 근거, 불법폐기물에 대한 체계적인 조사와 관리의 기초자료로 활용하고자 할 수 있으며, 다음

표 3. 폐기물 시료에 대한 원소 분석, C/N비, 강열감량 결과

시료명	원소분석(%)				C/N ratio	강열감량 (%)
	N	C	S	H		
# 1	0.202	1.297	0.828	0.25	6.4	2.3
# 2	0.182	0.562	0.331	0.345	3.1	2.7
# 3	0.235	3.955	0.325	0.269	16.8	7.9
# 4	0.154	1.182	0.247	0.344	7.7	4.0
# 5	0.217	0.966	0.277	0.421	4.5	4.0
# 6	0.153	1.559	0.207	0.364	10.2	2.3
# 7	0.223	0.552	0.283	0.461	2.5	3.8
# 8	0.226	1.635	0.296	0.285	7.2	4.5
# 9	0.369	5.524	4.387	1.158	15.0	4.2
# 10	0.266	4.209	0.615	0.219	15.8	4.7
# 11	0.339	4.553	0.911	0.606	13.4	8.9
# 12	0.253	1.863	0.565	0.346	7.4	3.2
# 13	0.141	0.403	0.383	0.214	2.9	1.6
# 14	0.300	4.520	0.490	0.316	15.1	6.3
# 15	0.164	0.707	0.243	0.431	4.3	3.1
# 16	0.168	0.751	0.259	0.37	4.5	3.0
# 17	0.139	0.765	0.226	0.358	5.5	2.8
# 18	0.223	3.175	0.231	0.311	14.2	4.3
# 19	0.187	1.973	0.176	0.277	10.6	3.3
# 20	0.267	1.292	0.167	0.316	4.8	4.3
# 21	0.224	0.652	0.287	0.211	2.9	2.1
# 22	0.214	1.017	0.265	0.276	4.8	3.8
# 23	0.264	2.436	0.232	0.226	9.2	3.2
# 24	0.234	1.647	0.16	0.472	7.0	3.6
# 25	0.345	2.752	0.935	0.597	8.0	3.8
# 26	0.321	2.274	0.611	0.413	7.1	5.3
# 27	0.181	0.462	0.226	0.279	2.6	1.9

과 같이 요약할 수 있다.

- (1) 발견된 폐기물에 대한 지정폐기물 여부는 폐기물공정 시험법에 따라 실험하였으며, 조사지역에서 발견된 모든 폐기물은 지정폐기물로 분류가 되지 않았다.
- (2) 159개의 굴착조사지점 중 사업장 일반폐기물 18개 지점, 건설폐기물 9개 지점으로 총 27개 지점에서 폐기물

이 발견되었으며, 점질토는 60개 지점에서 발견되었다. 점질토의 경우, 분석결과 오염물질이 포함되지 않은 토양이므로 폐기물로 분류하지 않고 일반토양과 같이 현장에서 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

- (3) 조사지점에서의 폐기물 매립량은 사업장 일반 폐기물은 86,400m<sup>3</sup>, 건설폐기물은 41,760m<sup>3</sup>으로 전체 매립량의 20%, 10%를 각각 나타내었다.
- (4) 매립폐기물의 안정화 여부를 판정하기 위해 가연물함량, C/N비, 그리고 침출수 배출허용기준을 적용하였다. 용출시험하여 나온 용출액에 대해 침출수 배출허용기준을 적용하였을 경우, 모든 시료가 안정화 기준을 만족하였으나, 가연물함량, C/N비를 적용하였을 때는 3개 지점의 시료가 안정화되지 않은 것으로 판정되었다.

## 감사의 글

이 연구는 낙동강 살리기 사업과 한국과학재단 일반연구자 지원사업(2010-0024598)의 지원으로 수행되었습니다.

## 참고 문헌

1. 안재환, 김석구, 김소정, 강성원, 이미경(2005), 준설퇴적물을 이용한 여재의 하천수질 정화 특성, *추계학술연구발표회 논문집*, 대한환경공학회, 2005, 11.3-11.5, pp. 1412~1417.
2. 엄기혁, 이대인, 박달수, 김귀영(2009), 우리나라 연안준설 및 준설토 해양투기 현황 진단, *환경영향평가*, Vol. 18, No. 3, pp. 185~193.
3. 윤길림, 배윤신(2010), 준설토 활용을 위한 환경기준 고찰, *한국지반공학학회논문집*, Vol. 26, No. 4, pp. 16~27.
4. 윤길림, 정우섭(2008), 항만준설토사 유효활용을 위한 오염도 평가, *한국지반공학학회논문집*, Vol. 24, No. 5, pp. 15~25.
5. 이대인, 박달수, 엄기혁, 김귀영, 조현서, 김종규, 서영교, 백근욱(2009), 연안준설 및 준설토 해양투기 해양환경평가 개선방안, *환경영향평가*, Vol. 18, No. 3, pp. 131~141.
6. 환경부(2010), 사용종료매립지정비지침, 붙임 1, 2.

(접수일: 2011. 4. 10 심사일: 2011. 5. 2 심사완료일: 2011. 6. 27)