

# 여수국가산업단지 하천 퇴적물의 오염도 평가

박수호 · 김성욱\* · 이우범<sup>†</sup>

전남대학교 환경시스템공학과

\*코오롱워터앤에너지주

## Assessment of Contamination for Stream Sediment in Yeosu Industrial Complex

Soo-Ho Park · Sung-Ug Kim\* · Woo-Bum Lee<sup>†</sup>

*Department of Environmental System Engineering, Chonnam National University*

*\*Kolon Water and Energy Co., Ltd.*

### Abstract

In this study, we offer the informations about the current conditions and basic data of stream sediments in Yeosu industrial complex. So we first select 4 streams and collect sediment samples. Particle size distribution, pH, water content, COD, VS, T-N, and T-P were measured to determine characteristics of the sediments. The range concentration of water content and pH were 25.5-38.6% and 5.6-5.7, respectively. The average ratio of sand, silt, and clay were 59.02%, 33.37%, and 7.61%. The range of COD, VS, T-N, T-P were 1.48-4.96 mg/g-dry, 3.0-5.5%, 1,204-2,282 mg/kg-dry, 775-1,023 mg/kg-dry, respectively. Analysis data of sediments were compared with USEPA sediment quality standards and ontario sediment quality guidelines. As a result, when compared with COD and VS values all streams aren't contaminated. But when compared with T-N and T-P values, all of sites were evaluated as contaminated or had a little influence on organism. Joongbang and Joongheung stream are relatively heavily contaminated than remainder streams.

**Keywords** : Sediment, Stream, Industrial complex, Contamination

### 1. 서론

인구의 도시집중화와 급격한 산업화에 따른 환경오염 문제가 점차 증대되는 가운데 산업폐수에 의한 하천오염은 우리나라 전역에서 심각하게 진행되고 있으며, 하천으로 유입되는 다양한 유해물질들은 수질을 비롯한 수중생태계 및 하상에 퇴적되는 퇴적물을 오염시켜 수중 환경을 비롯한 전 지구적인 환

경에 변화를 가져오고 있다. 더욱이 다양하고 복잡한 하이테크산업은 해명되지도 않고 존재조차도 알 수 없는 수많은 화학물질을 환경 중에 배출한다<sup>1-3)</sup>.

퇴적물에 함유된 높은 농도의 유·무기성 성분은 수역의 오염뿐만 아니라 수생 생물들의 성장·발육과 개체번식 등의 생태계 영향과 이를 섭취하는 인간의 건강에도 심각한 악영향을 미치는 요인이 되고 있으며, 하천퇴

<sup>†</sup>Corresponding author E-mail: woolee@jnu.ac.kr

적물은 상류에서는 모래와 자갈 등으로 구성되지만 하류로 향할수록 점토, 실트, 모래 등 세립질의 입자가 증가하게 되며, 점토와 실트질은 중금속을 포함한 오염물질의 흡착성이 뛰어나 하천수가 오염된다면 하천퇴적물의 오염가능성이 높다<sup>4,5)</sup>.

또한, 하천퇴적물의 경우 무산소-혐기성 상태일 때 혐기성 박테리아가 퇴적물 중의 유기물질을 분해하여  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{N}_2$ 와 같은 물질을 생성하여 이중 메탄과 같은 온실기체로 인한 지구온난화, 황화수소로 인한 악취유발 등의 문제를 유발할 수 있다<sup>6)</sup>.

하천퇴적물과 하천수는 끊임없는 물질교환이 이루어지므로 하천퇴적물의 화학적 구성은 하천수 수질에 큰 영향을 주게 된다<sup>7)</sup>.

여수국가산업단지는 1963년 국토의 균형 발전을 목적으로 우리나라 대표적인 중화학공업인 석유화학산업 업체가 입주해 있는 대규모공단이 조성되어 있으며 석유화학, 전기전자, 비제조업 등으로 구성되어 있다. 따라서 산업단지에서 배출되는 오염물질들로 인해 하천수의 오염과 그에 따른 하천퇴적물의 오염가능성을 배제할 수 없다. 그러나, 현재까지 여수산단 하천퇴적물의 오염 현황에 대한 연구는 거의 없다<sup>5)</sup>.

본 연구에서는 여수국가산업단지 내에 있는 하천퇴적물의 물리화학적 특성 분석을 통해 오염도를 파악하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 시료채취 및 전처리

여수산단 내 중흥천, 중방천, 남수천, 상암천에서 상류, 중류, 하류로 나누어 퇴적물을 채취하였다. 시료는 grab sampler를 사용하여 지점별로 3회 이상 채취하여 균질하게 혼합 후 즉시 실험실로 운반하여 냉동보관 후 공정시험방법에 따라 분석하였다.



Fig. 1. Map of sampling site.

### 2.2. 실험방법

채취한 하천퇴적물에 대해서 입도, pH, COD, 함수율, 강열감량, 총질소 및 총인에 대해 분석을 수행하였다.

퇴적물의 입도는 입자의 크기에 따라 체분석을 이용하여 분석하였다.

pH는 해양오염공정시험방법의 퇴적물 pH 측정방법에 따라 105-110 °C에서 24시간 건조 후 5 g을 취해 증류수 25 mL와 혼합 후 pH meter로 측정하였다<sup>8)</sup>.

강열감량은 퇴적물을 105-110 °C에서 4시간 건조 후 전기로에 넣고 550 °C에서 2시간 동안 강열시킨 후 시료를 데시케이터에서 실온까지 냉각시켜 강열 전·후의 무게 차로써 계산하였다.

퇴적물의 화학적산소요구량(COD)은 습시료 1g을 취해 0.1N 과망간산칼륨용액 100 mL에 넣고 1시간 중탕 후 용액을 여과한 다음 전체 부피를 500 mL로 맞춘 다음 100 mL를 취하여 0.1 N 티오황산나트륨 용액으로 적정하여 계산하였다.

총질소는 시료를 알칼리성 과황산 포타슘 존재 하에 가압멸균 처리하여 산화, 여과 후, 여과용액의 일부를 취하여 pH를 조절하고 자외선/가시선 분광광도계를 이용하여 220 nm의 파장에서 흡광도를 측정하여 정량하였다<sup>9)</sup>.

총인은 퇴적물을 450 °C에서 3시간 강열하여 인을 산화시킨 후, 3.5 N 염산 용액을 넣어 16 시간동안 추출, 여과 후 pH를 조절한 다음, 헵

타몰리브덴산암모늄사수화물과 반응하여 생성된 몰리브덴산인암모늄을 아스코르빈산으로 환원하여 생성된 몰리브덴산의 흡광도를 880 nm에서 측정하여 정량하였다<sup>9)</sup>.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 퇴적물의 물리·화학적 특성

하천 퇴적물에 대하여 입도, pH, COD<sub>Mn</sub>, 함수율, 강열감량(VS, Volatile Solid), 총질소 및 총인을 분석하였으며, 그 결과를 Table 1에 정리하였다.

함수율은 25.5-38.6%로 나타났으며, 입도는 모래, 실트, 점토가 각각 평균 59.02%, 33.37%, 7.61%로 모래의 구성비율이 높은 것으로 나타났으며, 특히, 상암천은 모래의 비율이 82.90%로 매우 높게 나타났다.

pH는 5.6-5.7로 나타났으며, 부산시 및 대전시 하천퇴적물의 pH와 비교할 때 낮아 산성도가 다소 있는 것으로 사료된다.

퇴적물의 유기물 함량을 나타내는 지표인 COD 및 강열감량을 분석한 결과, 각각 1.48-4.96 mg/g-dry, 3.0-5.5%로 나타났다.

총질소 및 총인 분석결과, 각각 1,204-2,282 mg/kg-dry, 775-1,023 mg/kg-dry으로 나타났다.

#### 3.2. 오염도 분석

현재 국내에서는 퇴적물의 오염정도를 평가할 수 있는 퇴적물과 관련된 환경기준이 마련되어 있지 않아 외국의 기준들을 인용하여 사용하고 있으며, 하천퇴적물의 오염도를 평가하기 위해 우리나라에서 가장 많이 인용되고 있는 퇴적물 기준은 Table 2에 나타낸

Table 1. Results of physico-chemical analyses for sediments at streams

Items	Water Content(%)	Particle size			pH	COD <sub>Mn</sub> (mg/dry-g)	VS (%)	T-N (mg/kg-dry)	T-P (mg/kg-dry)
		Sand(%)	Silt(%)	Clay(%)					
Joongbang stream	32.1	53.56	38.82	7.62	5.6	3.82	5.5	2,200	1,023
Joongheung stream	38.6	48.14	37.02	14.84	5.6	4.96	5.2	2,282	961
Namsu stream	28.9	51.46	42.62	5.92	5.6	1.48	4.2	1,466	775
Sangam stream	25.5	82.90	15.02	2.08	5.7	2.18	3.0	1,204	843

Table 2. USEPA sediment quality standards and ontario sediment quality guidelines

Items	US EPA sediment quality standards			Ontario sediment quality guidelines		
	non polluted	moderately polluted	heavily polluted	NEL	LEL	SEL
COD (mg/kg-dry)	<40,000	40,000-80,000	>80,000			
VS (%)	<5	5-8	>8			
TKN (mg/kg-dry)	<1,000	1,000-2,000	>2,000	-	550	4,800
T-P (mg/kg-dry)	<420	420-650	>650	-	600	2,000

미국환경보호청에서 배경농도법에 기초하여 설정한 기준과 캐나다 온타리오 환경부 퇴적물 환경기준(QSQG)이다<sup>10,11)</sup>.

본 연구에서는 유기물 오염도를 평가하기 위해 COD 및 VS는 오대호 퇴적물 환경기준과 비교하였으며, 총질소 및 총인은 오대호 퇴적물 환경기준 및 캐나다 온타리오주 퇴적물 환경기준과 비교하였다.

오대호 퇴적물 분류기준은 오대호 항구의 퇴적물의 배경농도와 비교하여 오염물질 농도에 따라 비오염, 약간오염, 심한오염으로 등급화하여 분류하고 있어 사용이 간편하고 이해가 쉽다는 장점이 있다.

온타리오 환경부 퇴적물 환경기준은 T-N 및 T-P와 같은 영양염류에 대한 오염평가기준을 포함하고 있으며, 농도에 따라 각각 NEL(No Effect Level), LEL (Lowest Effect Level), SEL (Severe Effect Level)로 분류하고 있다. 여기서 LEL은 저서생물 다수가 견딜수 있는 수준이나 몇몇 종에게는 악영향을 미치거나 악영향이 시작될 수 있는 농도를 말하며, SEL은 저서생물의 뚜렷한 장애 발생이 예상되는 농도로 대부분의 군집종에 심한 악영향을 끼치는 농도이다<sup>1)</sup>.

유기오염도의 지표인 COD의 경우 USEPA 및 캐나다 온타리오 환경부 환경기준은 COD 크롬법을 사용하였고, 본 연구에서는 망간법을 사용하여 직접적인 비교는 어려우나, 본 연구결과의 값이 크롬법 보다는 작은 보수적인 결과임을 감안하여 미국 환경기준과 비교하였다.

COD의 경우 모든 하천이 비오염 상태인 것으로 나타났으며, VS의 경우 중방천과 중홍천은 중간오염상태, 남수천과 상암천은 비오염 상태인 것으로 나타났다(Fig. 2-Fig. 3)

총질소를 오대호 기준과 비교할 때, 모든 하천이 중간오염 상태인 것으로 나타났으며, 총인은 모든 하천이 심한오염 상태인 것으로 나타났다(Fig. 4-Fig. 5).

오염도 기준이 다소 완화된 캐나다 기준과

비교할 때 모든 하천이 LEL 등급인 것으로 나타나 심한 오염상태는 아니지만, 생물에 다소 영향을 미칠 수 있는 농도인 것으로 사료된다(Fig. 6-Fig. 7).

위의 결과를 종합적으로 고려할 때 유기물 오염도는 모든 하천에서 낮으나, 총질소 및 총인은 모든 하천에서 다소 오염도가 있는

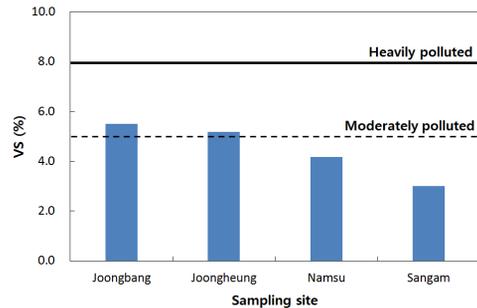


Fig. 3. Evaluation of VS using US EPA sediment quality standards.

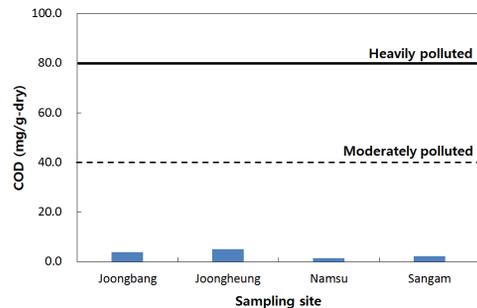


Fig. 2. Evaluation of COD using US EPA sediment quality standards.

것으로 사료되며, 중방천과 중홍천이 남수천과 상암천에 비해 상대적으로 오염도가 높은 것을 알 수 있었다.

## 4. 결론

본 연구에서는 여수국가산업단지 내 4개 하천을 선정하여 하천퇴적물을 채취한 후 오염 지표항목에 대한 분석을 수행하였고 오염도를 평가하였으며, 결과는 다음과 같다.

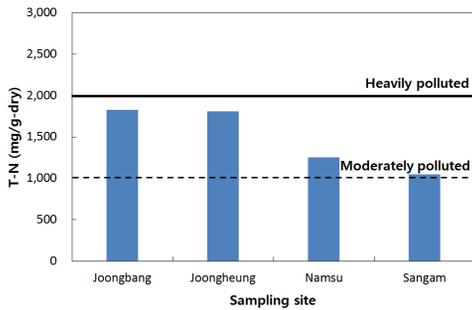


Fig. 4. Evaluation of T-N using US EPA sediment quality standards.

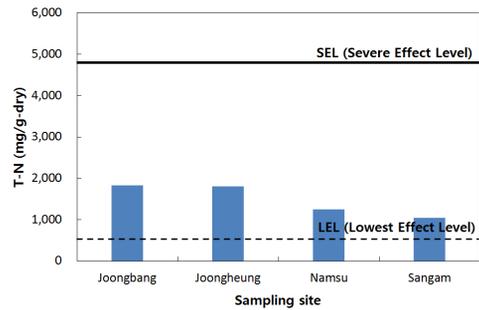


Fig. 6. Evaluation of T-N using ontario sediment quality standards.

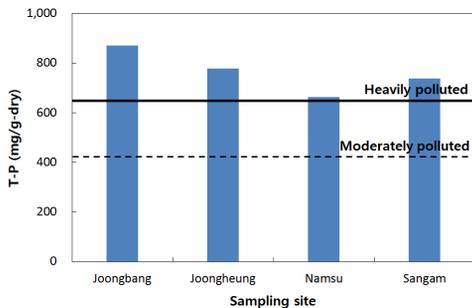


Fig. 5. Evaluation of T-P using US EPA sediment quality standards.

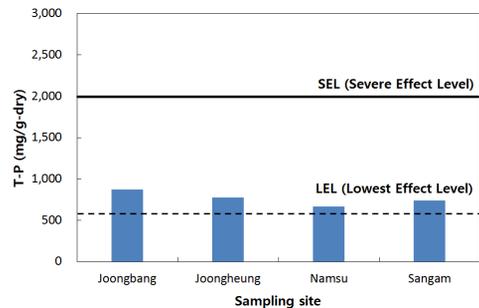


Fig. 7. Evaluation of T-P using ontario sediment quality standards.

- 1) 퇴적물의 유기물 함량을 나타내는 지표인 COD 및 강열감량을 분석한 결과, 각각 1.48-4.96 mg/g-dry, 3.0-5.5%로 나타났다으며, 총질소 및 총인 분석결과, 각각 1,204-2,282 mg/kg-dry, 775-1,023 mg/kg-dry으로 나타났다.
- 2) 유기물 지표항목인 COD를 오대호 퇴적물 환경기준과 비교할 경우 모든 하천이 비오염 상태인 것으로 나타났으며, VS의 경우 중방천과 중흥천은 중간오염 상태, 남수천과 상암천은 비오염 상태인 것으로 나타났다.
- 3) 총질소를 오대호 퇴적물 환경기준과 비교할 때, 모든 하천이 중간오염 상태인 것으로 나타났으며, 총인은 모든 하천이 심한오염 상태인 것으로 나타났다.
- 4) 오염도 기준이 다소 완화된 캐나다 온타리오주 퇴적물 환경기준과 비교할 때 모

든 하천이 LEL 등급인 것으로 나타나 심한 오염상태는 아니지만, 생물에 다소 영향을 미칠 수 있는 농도인 것으로 사료된다.

- 5) 위의 결과를 종합적으로 고려할 때 유기물 오염도는 모든 하천에서 낮으나, 총질소 및 총인은 모든 하천에서 다소 오염도가 있는 것으로 사료되며, 중방천과 중흥천이 남수천과 상암천에 비해 상대적으로 오염도가 높은 것을 알 수 있었다.

## References

1. 오경희, 유미나, 조영철(2011), 새만금호 유입 하천 하상 퇴적물의 물리화학적 특성과 오염도 분석, 대한환경공학회지, 33(12), pp. 861-867.
2. 정찬호, 이상구(2006), 대전지역 주요하천

- 하상퇴적물의 물리화학적 특성 및 중금속 분포, 한국광물학회지, 19(4), pp. 259-264.
3. 김호섭, 황순진, 고재만(2003), 도심의 알은 인공호인 일감호의 수질변화특성과 퇴적환경의 변화, Limnol., 36(2), pp. 161-171.
  4. 이준기(2010), 부산시 도심하천퇴적물의 오염도평가 및 BMF test에 의한 최종 메탄 및 이산화탄소 발생량 산정, 석사학위논문, 부경대학교, pp.12-79.
  5. 김성수(2006), 여수산단 폐수처리에 관한 연구, 석사학위논문, 전북대학교, pp. 1-2.
  6. Taki, K., and Fukushima, T.(1993), Sediment data base and evaluation of sediment pollution by using its data base, Water Sci. Technol., 16(2), pp. 17-22.
  7. 국립환경과학원(2008), 하천·호소 퇴적물 모니터링 시범사업 최종보고서
  8. 국토해양부(2010), 해양환경공정시험기준
  9. 환경부(2012), 수질오염공정시험기준
  10. 이창희, 김은정(1998), 호소 및 하천 오염 퇴적물 관리방안, 한국환경정책·평가연구원.
  11. 이창희(2000), 수저퇴적물 환경기준 개발에 관한 연구, 한국환경정책·평가연구원.