

# 산업공단에서의 지표유출수 오염물질 특성

김연권, 김지연  
한국수자원공사 수자원연구원  
e-mail:kyk90@kwater.or.kr

## Pollutants Characteristics of Surface Runoff from the Industrial Complex

Youn-Kwon Kim, Ji-Yeon Kim  
Kwater, Water Research center

### 요 약

강우시 발생하는 강우유출수는 배수구역내 지표오염물질로부터 기인한 다양한 오염물질을 포함하고 있으며 전세계적으로 이에 대한 많은 연구가 진행중에 있다. 초기강우시 산업공단에서 발생하는 지표유출수내 오염물질의 특성은 아직도 완벽하게 이해되고 있지 못하고 있다. 본 연구는 산업공단을 대상으로 강우시 지표유출수의 수질과 특성을 분석·평가하였고 시료채취는 공단을 배수구역별 4개 구역으로 구획 후 해당 배수구역에 대해 grab sampling 방법을 적용하였다. 석유·화학산업과 일반 야적장 등에서는 BOD, COD, SS, TN 등의 일반오염물 항목들이 주로 검출된 반면, 기계·금속산업, 고철야적장 지역에서는 중금속 항목의 오염물이 고농도로 측정되었다. 산업공단에서 발생하는 지표유출수내 오염물질들은 대부분 업종과 연관성을 나타내었고, 각 지점별 발생 오염물질의 농도는 오염물질의 노출정도 및 강우사상의 특성에 따라 결정되어지는 것으로 나타났다.

### 1. 서론

강우시 지표유출을 동반하는 초기강우(First-flush) 유출수는 지형, 토양조건, 개발 및 이용정도, 불투수 지표의 분포정도 등 지역적인 조건에 따라 매우 다양하게 나타나며 기후조건, 선행건기일수 및 강우강도와 강우지속시간, 수리·수문학적 조건에 따라 그 성상이 다변화된다. 특히 공단지역에서 발생하는 강우 유출수는 주변의 업종과 그 형태에 따라서 다양한 발생원을 가지게되며 이때 발생하는 지표 유출수는 난분해성 물질과 중금속물질 등 다양한 오염성상을 나타내게 되므로 도심지나 기타 다른 지역에서 발생하는 초기강우 유출수에 비해 수체에 미치는 악영향은 더욱 클 것으로 예상된다.

그러나 국내에는 강우시 지표유출로 인한 오염발생에 대해 조사된 자료가 매우 빈약한 실정으로, 특히 중금속 및 독성물질의 다량 발생이 예측되는 공업단지에서의 지표유출수에 대한 기초자료조사는 전무한 상태이며 적정규제 기준조차 마련되어있지 못

한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 분류식 배제방식을 적용한 산업공단을 대상으로 초기강우시 지표유출수내 발생 오염물질과 입주업종간의 관계와 공단내 입주업종별 지표유출수의 물리적 특성을 분석하였다.

본 연구는 공단내 비점오염원에서의 오염물질별 발생특성을 파악함으로써 초기강우시 지표유출수의 발생특성과 물리적 특성을 규명함으로써 고농도의 지표유출수에 대한 적절한 제어방법의 도출과 효과적인 수집 및 운반체계를 확립하여 유입 오염물질의 근원적인 차단에 기여하고자 하였다.

### 2. 연구방법

본 연구의 대상지역은 총 면적 16km<sup>2</sup>으로 30.3%의 주거단지와 68%의 공업단지, 그리고 1.7%의 기타 토지이용형태를 보이고 있는 공단지역으로써 45.63km<sup>2</sup>의 총 배수구역을 갖는다. 주요업종으로는 조립금속과 화학, 기계장비업종이 전체업종의 50.6%

를 차지하고 있으며 화학업종과 기타 업종들이 다양하게 입주되어 있다. 본 연구에서는 초기강우시 공단에서 발생하는 지표유출수내 오염물질의 성상과악과 물리적 특성을 규명하기 위해 공단내 업종분포를 고려하여 주요입주업종인 기계·금속 및 화학업종과 강우시 직접적인 영향을 받을 것으로 예상되는 야적장 및 주거지역내 도로에 대해 조사지점을 선정하였다. 시료채취는 지표유출 후 지상오염원의 충분한 교반이 일어나는 우수관 유입지점에서 실시하였으며 강우사상 발생 30분 이내에 실시하는 것을 원칙으로 하였다. 그러나 지점에 따라 강우강도 또는 지체시간의 차이로 인해 초기강우 후 30분 이내에 지표유출이 발생하지 않는 경우도 있기 때문에 현지상황을 고려하여 충분한 지표유출이 일어난 시간에 시료채취를 실시하였으며 당시 상황을 기록하였다.

Table 1. 조사대상지역 특성비교

Group	Site ID	Site Area (m <sup>2</sup> )	Imperviousness (%)	Slope (%)	Exposed Material
Metal Industries	M	21,582	80	< 5	Yes
Chemical Industries	C	11,655	95	< 5	*No
Junk Yards	JY	33,052	80	< 5	Yes
Domestic Area	D	65,824	90	< 5	Yes

무인유량측정기를 사용하여 강우강도 및 유량을 측정하였고 우수관 유입부와 동일한 크기의 시료채수기를 제작하여 시료채취와 유량측정을 병행하였으며, 측정당시의 pH와 DO에 대한 기록을 실시하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 일반 오염물질항목

강우시 발생하는 지표유출수내 오염물질의 농도는 입자상 오염물질의 농도와 용존성 오염물질 농도의 합으로 구성되어 있는데 이러한 오염물질의 농도변화는 강우사상의 특성과 지표상태 등 여러가지 영향인자로 인해 다양하게 나타나게 된다. 원수의 지점별 COD농도는 매우 다양하게 나타났는데, 특히 대부분의 오염원이 외부로 노출되어있는 기계·금속업종과 야적장에서 COD농도는 선행건기일수가 길고 초기강우강도가 큰 1차 강우사상에 대해 최고 384 mg/L를 나타내었다. BOD는 지점에 상관없이

선행건기일수가 길고 강우강도가 큰 강우사상이 선행건기일수가 짧고 강우강도가 작은 경우에 비해 1.2 $\mu$ m 이상의 입자성 BOD를 더 많이 유발함을 알 수 있었다. 이와 같이 공단에서 발생하는 지표유출수내 일반오염물질들은 지점별로 그 발생정도는 다소 차이가 있었으나 COD, 고형물, Phosphorus 등의 항목은 1.2 $\mu$ m 이상의 입자성과 관련이 깊은 것으로 나타났다. 즉 공단에서 발생하는 초기유출수내 일반오염물질 중 일부는 1차 침전이나 간단한 물리적 조작을 통해서 강우사상초기에 나타나는 고농도의 발생정도를 상당부분 저감시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

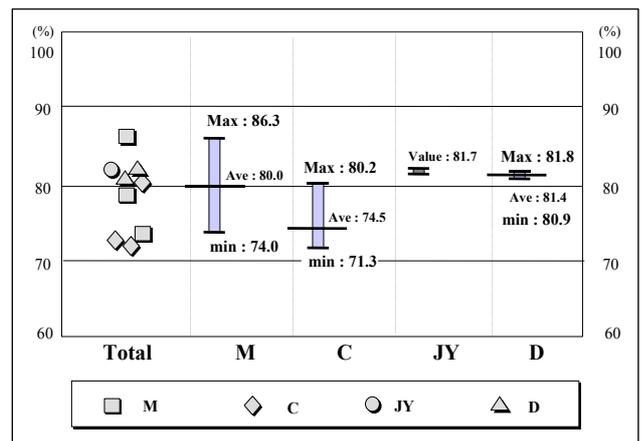


Fig. 1. 조사지점별 고형물질 분포도

#### 3.2 중금속 오염물질항목

각 지점별 Fe의 검출농도는 M>C>JY>D의 순으로 우세하게 나타났고 대부분이 1차 강우사상에 대해 높은 농도를 나타냈다. 강우사상의 특성과 관련한 오염물질의 검출정도는 선행건기일수가 길고 강우강도가 큰 1차 강우사상이 짧은 선행건기일수와 약한 강우강도를 나타낸 2차, 3차 강우사상에 비해 고농도의 지표유출수를 나타내고 있었다. 또한 동일 강우사상에 대해서는 기계·금속업종과 야적장에서 고농도를 나타내었으며 이러한 지점별 검출농도의 차이는 해당 업종에서 취급하는 오염원의 외부노출 정도와 강우사상의 특성에 직접적인 영향을 받는 것으로 사료되었다.

각 지점별 Cu의 검출농도는 1차 강우사상에 대해 고농도를 나타냈으며, 지점별로는 JY>M>C의 순으로 우세하게 검출되었다. 또한 2차 및 3차 강우사상에 대해 기계·금속업종에서는 Cu가 검출되지 않았으나 화학업종과 주거지역에서는 2차 강우사상에

대해 저농도의 Cu가 검출되었으며 3차 강우사상에 대해서는 어느 지점에서도 검출되지 않았다. 특히 조사기간 중 오염물질의 유발정도가 가장 컸던 1차 강우에 대해 기계·금속 및 야적장에서의 Cu성분은 93%와 95.7%가 1.2 $\mu$ m 이상에서 존재하고 있었다.

#### 참고문헌

[1] Roy D. Dodson, P.E, "Storm Water Pollution Control", McGraw-Hill, Inc.1995

[2] D.E.Line, J.Wu, J.A.Arnold, G.D.Jennings, A.R.Rubin, "Water quality of first flush runoff from 20 industrial sites", Water Environment Research, May/June 1997