

철도 차량기지내 비점오염물 처리방안 연구

A Study on Disposal Method of Non-Point Pollutant of the Rolling Stock Depot

정재형† 신민호* 조국환**
Jae-Hyoung Jung Min-Ho Shin Kook-Hwan Cho

ABSTRACT

Environmental conservation is becoming the major conversation topic in the 21st century, the era of environment. In the Law for the Preservation of Water Quality, article 53 states “A business unit which is doing business causing pollution caused by non-point pollutant or builds waste water discharge facilities, should report the installation of the non-point pollutant and install the required pollution control facilities”.

Environmental pollution caused by oil leaks during operation or maintenance has been found in the railway sector. Especially, rolling stock depot is most likely to be affected by environmental pollution. Therefore, in this paper We have investigated non-point pollutant in the rolling stock depot area and have studied adequate disposal method to minimize the effect of the non-point pollutant, hoping to supply the preliminary data for building an environment-friendly rolling stock depot.

1. 서론

21세기 환경의 세기를 맞이하여 모든 분야에서 환경보존이 화두로 등장하고 있다.

수질환경 보전법 제53조에는 “비점오염원에 의한 오염을 유발하는 사업을 하거나 폐수배출 시설을 설치하는 사업장은 비점오염원의 설치를 신고하고 방지시설을 설치하여야 함”이라 명시되어 있다.

철도에서도 운행이나 유지보수시 발생하는 유류의 누출 등으로 인해 환경오염이 발견되고 있으며, 특히 철도분야 중 오염물질에 따른 환경피해가 가장 우려되는 시설이 차량기지이다. 따라서, 본 논문에서는 기존 차량기지 내에서 발생하는 비점오염물을 조사 분석하고 처리방안의 연구를 통해 환경오염이 최소화 될 수 있는 철도 차량기지 건설 및 운영의 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 비점오염

2.1 비점오염원

2.1.1 정의

비점오염원은 도시, 도로, 농지, 산지, 공사장 등 불특정장소에서 불특정하게 수질오염물질을 배출하는 오염원을 의미한다. 비점오염원에 의한 오염은 일반적으로 강수, 지표의 유출수, 침투, 배수, 누수, 수문학적 변경 또는 대기의 침전물에 의해 유발된다. 강우 등에 의해 발생한 유출수는 이동과정에서 자연적인 오염물질 및 인간의 활동으로 인해 발생한 오염물질을 운반하며, 최종적으로 수계에 유입되어 수계의 오염을 유발하게 된다.

† 교신저자, 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도건설공학과 석사과정 (포스코건설, 차장)
E-mail : jjh1010@poscoenc.com

* 한국철도기술연구원 신교통인프라연구실, 공학박사

** 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도건설공학과, 부교수, 공학박사, 토질 및 기초기술사

2.1.2 특징

비점오염원은 산림, 농지, 시가지, 건설현장, 지하수 등과 같이 오염발생원 및 발생량이 비교적 불명확하다. 또한 비점오염원의 오염물질은 유기물질, 영양염류, 세균, 미생물류, 농약, 토사 및 유해화학물질 등 점오염원 보다 다양한 오염물질이 대상으로 포함된다. 표 1.에서는 세부적인 비점오염원의 특징에 대해 나타내고 있다.

표 1. 비점오염원 특징

분류	발생원	특징
도표비점 오염원	<ul style="list-style-type: none"> - 시가지 - 논 - 밭·과수원 - 초지 - 산지 - 건설현장 - 매립지 - 도로 - 주차장 - 철도역사 - 철로 	<ul style="list-style-type: none"> - 오염원을 찾기 어려움 - 오염원이 넓은 장소에 퍼져있음 - 일반적으로 강우 기간 중 빗물과 함께 수역으로 유입 - 수문 현상의 올바른 이해와 적용이 필수적 - 저 농도이나 처리해야 할 유량이 많음 - 오염 발생량의 제어는 특별한 지점에서 행해져야 함 - 비점오염 모니터링 시 발생원에 대해 조사하는 것이 효과적임 - 대규모 용지에서 연속하여 발생하는 것으로 소규모 공업용지로부터 발생하는 것과는 차이가 있음 - 비점오염 발생량을 배수규제로 제한하는 것은 불가능 - 정체수역(호소, 저수지)의 부영양화와 밀접한 관계있음 - 인위적인 부하는 물론 자연적인 부하도 포함 - 비점오염원 관리방안 강구

2.1.3 관리의 필요성

토지 이용의 다양화와 고도화에 따른 비점오염원의 증가와 생활하수, 공장폐수 등 정오염원을 중심으로 수질을 관리만으로는 만족할 만한 수질을 얻지 못하고 있다. 이런 수질악화는 기존의 점오염원 위주의 관리정책에 따라 수질악화의 큰 비중을 차지하고 있는 비점오염원에 대한 관리가 체계적으로 성립되지 않았기 때문이다. 이에 따른 비점오염원의 증가로 전체 수질오염물질의 배출부하량 중 비점오염원이 차지하는 비중은 2015년에는 70%까지 증가할 것으로 전망하고 있다.(환경부, 물환경기본계획 2006)

그림 1.에서는 오염원별 발생량과 관리목표에 대한 그림으로 A지점은 무대책시로 산업폐수, 생활하수와 비점오염원으로 구분되는 오염 부하량이 B지점과 C지점사이에서 배출기준 강화 및 하수처리 등으로 산업폐수와 생활하수의 오염부하 비중이 급격히 감소하였으나, 비점오염원은 반대로 비중이 증가한 것을 나타내고 있다. 한계점이 D지점에서는 추가 비점오염원의 제어 없이는 오염총량 목표 달성에 한계가 있다는 것을 알 수 있다.

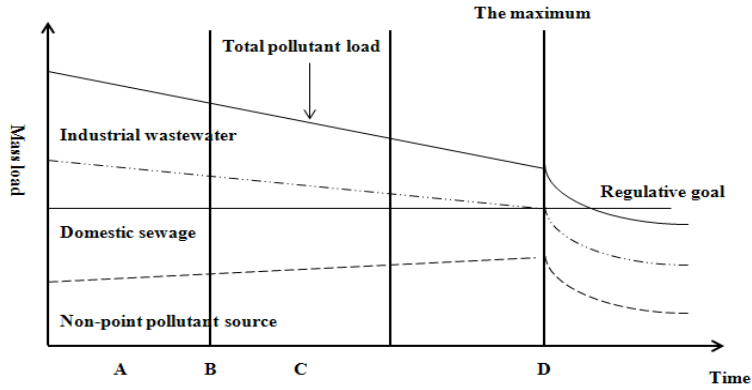


그림 1. 오염원별 발생량과 관리목표

따라서 이러한 현상을 바로잡기 위해서는 기존의 점오염원 위주의 수질보전 대책에 비점오염원에 관한 관리대책방안을 추가·보완하여 추진해 나가는 것이 필요하다.

2.1.4 농도 곡선의 특징

강우 유출수의 오염물질 농도 곡선의 특징으로 그림에서 (a) 형태는 수문곡선과 형태는 같으나 첨두값에 있는 수문곡선보다 선행하여 진행되며, 이를 초기 강우 효과(First Flush Effect)라고 부른다. (b) 형태의 농도 분포 곡선은 정확히 수문곡선의 형태를 반영하는 오염물질 농도곡선이다. (c) 형태의 경우 강우 유출의 개시와 함께 희석작용으로 인해 감소하는 경향을 보이며, 이와 같은 형태의 오염물질 농도 곡선은 평상시 기저유량의 성분농도 보다 강우 유출수의 성분 농도가 낮은 경우 발생하게 된다. 마지막으로 (d) 형태의 곡선은 성분이 유량에 관계없이 유출 시간동안 random 하게 유출되는 형태이다. 비점오염원의 농도곡선은 위에서 설명한 4가지 형태 중 한 가지를 따르게 되며, 이에 따라 처리 방법 역시 다르게 적용해야 한다.

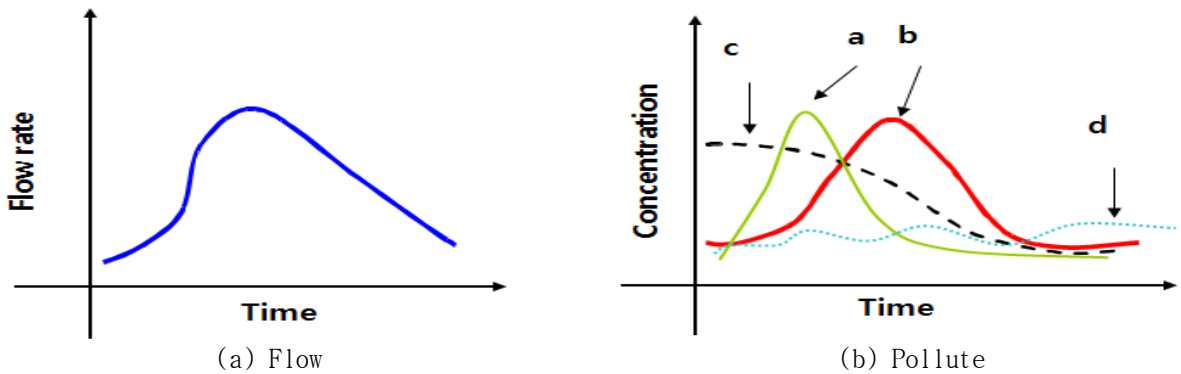


그림 2. 비점오염원 농도 곡선의 특징

2.1.5 저감시설

비점오염원 저감시설을 위한 강우유출수 관리시설에는 크게 자연형 시설과 장치형 시설로 구분할 수 있다. 자연형 시설로는 저류시설, 인공습지, 침투시설, 식생형 시설 등이 있으며, 장치형 시설로는 여과형, 와류형, 스크린형, 응집침전형, 생물학적 처리형 등이 있다. 자연형 시설 중 강우 유출수 저류시설 및 침투시설은 비점오염원 저감만이 아닌 홍수 방재를 위한 우수유출 저감기능도 포함하게 된다. 비점오염원 유출이 강우 유출과 동시에 진행되기 때문에 강우 유출량이 저감될수록 비점오염원 저감량도 증가하므로 일부 자연형 시설의 비점오염원 저감시설과 강우 유출억제시설은 기본적으로 비슷한 구조를

지니고 있다.

2.2 철도 비점오염원

2.2.1 철도사업과 환경

철도사업의 환경은 급격히 변화하고 있는 추세이며 철도건설사업이 환경에 미치는 영향에 대한 관심도 증가하고 있다. 철도건설사업의 환경영향에 대해 연구한 사례로는 국외의 경우 Carpenter, T.G.(1994), Mifune, N. et al(1999), US EPA(1999) 등이 있고, 국내의 경우는 철도사업의 전반적인 환경적 영향에 대한 연구(오현제, 1993; 이영준 등, 2004; 이현우 등, 2004; 박병은 등, 2006), 철도 노선 계획에 대한 환경에 대한 영향을 고려한 모델개발과 실제 사례 적용에 대한 연구(이동욱 등, 2004)가 있었다. 그러나, 철도사업에 대한 연구사례는 매우 부족하며 환경관리 수준에서 크게 벗어나지 못하고 있다.

2.2.2 차량기지의 역할

차량기지는 철도차량을 주박과 청소, 검수를 수행하기 위해 만들어진 철도 시설이다. 주박은 차량이 영업하지 않는 시간 동안 열차를 유치해 두는 것이며, 검수는 차량을 점검하고 수리하는 것으로 크게 중정비와 경정비로 나눈다.

경수선 공장에서는 차량의 간단한 정비와 일상검수, 청소를 수행하며, 중수선 공장에서는 전동차를 분해하여 정밀검사와 정비를 진행하고 다시 조립을 하는 한다. 중정비는 경정비에 비해 정비 기간이 오래 걸리기 때문에 거의 매일 차량을 검수하는 경정비와 달리 차량을 3년, 6년 주기로 분해 후 재조립 하는 식으로 진행이 된다. 이 외에 차량 운행 후 입고시 차량의 외관을 청소하는 자동세척, 차량의 외부 부품을 자동으로 점검하는 자동검사, 차량의 바퀴를 삭정하는 전삭고, 궤도 및 차량의 유지보수를 위한 모타카를 보관하는 모타카고, 시운전선 등의 시설이 설치된다.

2.2.3 유출 특성

차량기지 개발완료 후 산림지역이 포장지역으로 개발되는 경우 강우유출량은 10배까지 증가하는 반면, 지면에 저류되거나 지하로 침투되는 양은 1.5배 감소하는 것으로 보고되고 있다. 또한 개발로 인하여 불투수층이 증가할 경우 유출되는 비점오염물질 부하량은 거의 정비례하게 되며, 2배의 불투수층 증가는 1.7~2.0배의 비점오염물질 유출을 일으키는 것으로 보고되고 있다.

이러한 자료의 결과로 볼 때 차량기지의 건설은 완공 후에 다량의 비점오염물질 유출과 함께 인근 수계에 심각한 비점오염물질 부하량을 증가시킬 것으로 판단된다.

표 2. 불투수층 증가와 비점오염물질 부하

(unit: kg/ha/yr)					
Imperviousness rate	BOD	T-N	T-P	Zn	Pb
10%	6.5	2.6	0.3	0.04	0.02
20%	10.8	4.3	0.6	0.08	0.04

2.3 연구 내용 및 방법

2.3.1 연구 대상 지역

본 연구의 대상이 되는 지역은 서울시에 위치하는 철도 역사로 총 사업비는 2,179억원으로 1996년 착공되어 2005년 완공, 2005년 7월 개통·운행을 시작하였다. 대지면적 63,000평 위에 경수선 및 중수선

건물 10동, 궤도부설 18.1km와 전차선로 26.1km가 들어서 있다. 철도 역사의 규모는 전동차를 190량/일을 유치할 수 있으며 경수선 350량/일, 중수선의 경우에도 300량/년을 처리할 수 있다.

2.3.2 모니터링 지역 및 방법

본 연구의 모니터링 지역은 서울시에 위치한 철도 역사의 강우 유출수가 유출되는 개수로에서 모니터링을 실시하였다. 연구 대상 지역인 철도 차량기지의 모든 강우 유출수가 집수되어 방류되는 지점으로 철도 역사의 비점오염원에 대한 특징을 뚜렷이 나타낼 수 있을 것으로 판단된다. 그림 3.에서는 모니터링 대상 개수로의 모식도와 사이트 사진을 나타내었다.

모니터링 지역은 철도 역사에서 발생하는 강우 유출수가 직경 1,000mm인 우수관거 4개를 통해 수계로 유출되는 개수로로 폭 9,500mm로 구성되어 있다. 이 지점에서 강우 모니터링을 위한 지점은 크게 4개의 구간(Area)로 분류하였다. 먼저 Area-1은 철도 역사 강우 유출수 외 다른 우수가 혼합되지 않아 본 연구를 위한 모니터링 수행 시 시료 채수가 이루어지는 구간이다. 공원 내 위치하고 있어 평상시에 주변 조경을 이유로 비닐가림막을 이용해 우수관을 덮고 있으며, 모니터링 수행 시 임의로 비닐가림막을 걷어내고 모니터링을 수행하였다.

Area-2는 개수로를 가로지르는 첫 번째 다리가 있는 지점으로 관거에서 유량 측정이 불가능한 경우 유량을 측정하는 지점으로 선정하였다. 이 지점에서는 주변 우수의 유입 가능성이 높아 시료 채수지점으로 적당하지 않은 것으로 판단된다.

Area-3는 개수로를 가로지르는 두 번째 다리가 있는 지점으로 area-2와 유사한 특징을 보였다.

Area-4는 강우 유출수가 수계로 방류되는 지점으로 인근 하천과 닿아 있는 지점이다. 강우 시 하천 수위가 상승하게 되면 침수될 가능성이 높아 시료 채수 지점으로 적절하지 않은 것으로 판단된다

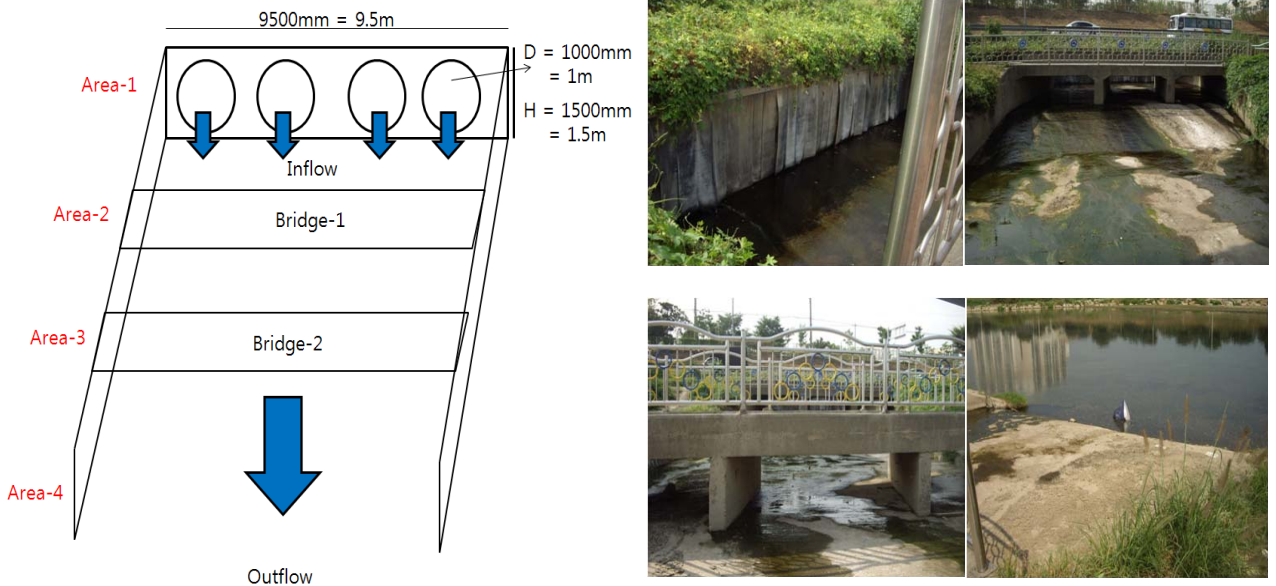


그림 3. 모니터링 사이트 모식도 및 사진

본 연구를 위한 모니터링 수행을 위해 강우 시작 전 현장에 미리 대기하여 준비를 완료하고, 강우 시작 후 강우로 인한 유출이 시작될 시점부터 강우 유출이 종료되는 시점까지를 1회 모니터링(event)으로 선정하여 수행하였다. 모니터링 수행 시 유량 측정을 위해 사용한 방법은 현장 상황에 따라 일정시간 동안 집수된 유출 유량을 측정하는 직접 측정법과 유속계를 이용하여 유량을 측정하였다. 수질분석을 위한 시료 채수는 강우 시작 후 강우 유출이 발생하는 즉시 첫 번째 시료로 하여 초기에는 5~10분 간격으로 시료를 채수하고, 1시간 이후부터는 현장에서 탁도를 측정하여 채수 간격을 결정하였다

2.3.3 분석 항목

본 연구에 이용된 분석 항목·방법과 기기는 표 3.에 나타내었다. 대부분의 수질 분석 방법은 국제적으로 통용되는 Standard Methods 20th edition (1998)와 국내기준인 수질오염 공정 시험법(환경부, 1998)에 의하여 실시하였다. 분석항목은 현장에서 측정 가능한 탁도(Turbidity)를 비롯하여 부유물질인 TSS(Total Suspended Solid, 부유물질), 유기물질인 BOD₅(Biological Oxygen Demand, 생물학적 산소 요구량)와 COD_{Cr}(Chemical Oxygen Demand, 화학적 산소 요구량), 영양염류인 TP(Total Phosphorus, 총인), TN(Total Nitrogen, 총질소), NH₄-N(ammonia nitrogen, 암모니아성 질소), NO₂-N(Nitrite, 아질산성 질소), NO₃-N(Nitrate, 질산성 질소)를 측정하였다. 또한 도로 및 주차장 등 포장지역에서 다량으로 검출되는 중금속 항목인 Cd(카드뮴), Pb(납), Zn(아연)에 대한 분석을 실시하였다.

표 3. 연구에 이용된 분석 항목 및 방법

Constituents	Analysis method
Turbidity	TBI Turbidimeter
TSS	Vaccum filtration (Glass fiber filter. GF/C)
BOD ₅	Winkler method azide modification
COD _{Cr}	Closed reflux colorimetry
TP	Ascorbic acid method
TN	UV/Vis spectrophotometry
NH ₄ -N	Nessler method
NO ₂ -N	IC (Dionex, ICS-1000, Ionpac AS14A)
NO ₃ -N	IC (Dionex, ICS-1000, Ionpac AS14A)
Cd	ICP
Pb	ICP
Zn	ICP

3. 결론

본 논문에서는 철도분야 중 오염물질에 따른 환경피해가 가장 우려되는 시설인 차량기지에서의 비점오염물질의 유출 특성을 분석하기 위해 기존 차량기지를 조사하려 했으나 시간 및 기상적 제약으로 종합적인 조사를 다하지 못했다. 비점오염 모니터링 스케줄은 전적으로 강우 유무에 의해서 결정되나 강우 유무와 강우시점을 정확히 예측한다는 것은 대단히 어려운 일이다. 최근 들어 면단위까지 기상예보를 시행한다고는 하지만 기상이변으로 정확한 예보를 기대하기는 어려운 상황이다. 특히나 금번 여름은 근래에 보기 드문 잦은 기상이변으로 약속된 조사를 이룰 수 없었다. 하지만 지면에 다 수록하지 못한 본 연구의 근간이 되는 기초자료를 정리할 수 있는 귀중한 시간이었고 향후에도 기존 차량기지 내에서 발생하는 비점오염물질의 지속적인 조사와 분석을 통한 처리방안 연구로 환경오염이 최소화 될 수 있는 철도 차량기지 건설 및 운영의 기초자료로 활용될 수 있도록 연구를 계속 진행할 것이다.

참고문헌

1. 권구호(2010). 토지이용별 비점오염물질 유출 및 BMPs 적용성 해석. 전북대학교 박사 학위 논문.
2. 김태원(2011). 교면포장의 비점오염물질 유출특성. 서울과학기술대학교 석사 학위 논문.
3. 김이형, 임경호, 김기동, 이병식(2005). 철로 역사 건설에 따른 강우 유출수내 비점오염물질의 동적 EMCs 및 처리방안 연구, *한국철도학회논문집*, 8(4), pp. 308-313.
4. 박병은, 김명규, 한승구, 김동기, 박광현(2006). 철도노선선정에 미치는 주요 환경영향, *대한환경공학회 추계학술연구발표대회 논문집*, pp. 1883-1890.

5. 어성욱, 이태규(2009). 철도차량기지의 토양오염 실태 조사, *한국철도학회논문집*, **12**(5)
6. 이민주(2007). 환경친화적 철도사업을 위한 환경영향평가 분석 및 철도노선선정의 정량화 방법(AHP)에 관한 연구. 이화대학교 석사 학위 논문.
7. 이영준, 이현우, 박영민, 이정호, 유현석, 이영수, 최진권, 윤미경(2004). 철도건설사업의 주요 환경영향에 관한 연구. 한국환경정책·평가연구원, KEL, 2004, RE-15.
8. 진재섭(1995). 도시지역에서 비점원, 서울시정연포럼, **24**, pp.22-24.
9. 환경부(2005). 비점오염원 업무편람.
10. 환경부(2006). 물환경기본계획.
11. Carpenter, T.G.(1994). *The Environmental Impact of Railways*. John Wilet & Sons Ltd. Chichester. England
12. Mifune, N., Nozawa, H., and Endo, S.(1999). Environmental Issues in Railway. *Quartely Report of RTRI*, **40**(4), pp. 191-195.
13. US Environmental Protection Agency.(1998) *Indicators of the Environmental Impacts of Transportation*. 2nd Ed.