한국철도학회논문집 제18권 제6호 ▌pp. 552-557 (2015년 12월)
JOURNAL OF THE KOREAN SOCIETY FOR RAILWAY VOL.18, NO.6 ▌pp. 552-557 (December 2015)
ISSN 1738-6225(Print)
ISSN 2288-2235(Online)

철도부지 오염도상자갈의 건식 정화 기술 성능 연구

Study of the Performance of a Dry Cleaning Method for Polluted Ballast Gravel of Railroad Fields

조영민* · 박덕신 · 권태순 · 이재영
Youngmin Cho · Duckshin Park · Tae-Soon Kwon · Jae-Young Lee

Abstract Ballast gravel in a railroad field is often polluted by grease and heavy metals. In this paper, the performances of a dry cleaning method for polluted ballast gravel in which pollutants on the gravel surface can be physically removed was extensively studied. A polluted ballast cleaning device able to shoot emery blasting media onto the surface using compressed air was prepared. Polluted ballast gravel was put into this device for cleaning, with the treatment time varied from 1 to 10 min. The cleaning efficiency of the total petroleum hydrocarbons and heavy metals were studied. The total petroleum hydrocarbon removal efficiency was 70-80% for gravels sampled from a locomotive waiting line, while it was 40-60% for gravels sampled from a turnout area. The heavy metal removal efficiency exceeded 90% for copper and lead, while it was 65-80% for nickel and zinc. This system was found to be effective for the remediation of polluted ballast gravels.

Keywords : Soil pollution, Railroad ballast gravels, Soil remediation, Dry cleaning method, Blast media

초 록 철도부지의 도상자갈은 윤활유, 중금속 등으로 오염된 경우가 많다. 이에 본 연구에서는 오염된 자갈표면의 오염물질을 물리적으로 제거하는 오염도상자갈의 건식 정화 기술 성능을 알아보고자 하였다. 오염도상자갈 표면에 경도가 높은 금강사 연마재를 압축공기를 이용하여 분사할 수 있는 오염자갈 정화 장치를 제작하고, 여기에 오염자갈을 투입하여, 처리 시간을 1~10분까지 다양하게 변화시키면서 도상자갈의 석유계총탄화수소와 중금속 등의 정화 효율을 알아보았다. 석유계총탄화수소 제거 효율은 기관차 정차장에서 포집한 차량 윤활유 오염자갈은 70-80%로 다소 높은 반면에, 분기기에서 포집한 분기기 윤활유 오염자갈은 40-60%로 비교적 낮았다. 중금속 제거 효율은 구리와 납이 90% 이상으로 높은 반면에 니켈과 아연은 65-80%로 비교적 낮았다. 실험 결과 건식 자갈 정화 기술은 오염자갈의 처리에 효율적임을 확인할 수 있었다.

주요어 : 토양오염, 철도 도상 자갈, 토양 복원, 건식 세척 방법, 세척 미디어

1. 서 론

최근 철도부지의 토양오염 문제가 지속적으로 부각되고 있는데, 이는 지난 수십 년간 연료, 윤활유, 중금속 등의 다양한 오염물질이 토양에 누적되었기 때문이다[1]. 최근 철도부지의 개발과 폐선부지의 용도 변경 등으로 철도부지의 토양오염 및 복원문제가 더욱 크게 부각되고 있다. 철도부지의 오염토양 복원시 가장 오염도가 심한 부분 중 하나가 궤도 최상단에 부설되는 도상자갈이다. 철도차량에서 누유되는 연료, 윤활유와 분기기 등에 사용되는 윤활유, 선로와 차륜 사이의 마찰, 차륜과 제륜자 사이의 마찰, 가선과 팬토그래프 사이의 마찰시 발생하는 중금속 등으로 오염되며, 오염된 도상자갈의 오염물질은 빗물 등에 의하여 지속적으로 토양을 오염시키게 된다.

오염된 도상자갈의 기존 처리 방법으로는 물과 계면활성제 등을 사용하는 수세척 처리 방법과 과산화수소 등을 이용하는 화학적 처리 방법이 있다[2-5]. 그러나, 수세척 처리 방법의 경우 처리 효율이 매우 낮고, 사용한 세척수의 추가 처리 때문에 경제성이 낮다[2,3]. 화학적 처리 방법의 경우 고가의 과산화수소 시약을 사용하기 때문에 비용이 많이 소요될 뿐만 아니라 처리 과정 중 많은 양의 유독물질이 발생하고, 자연적 오염토양 복원을 유도하는 미생물들까지 제거하는 등 2차오염의 문제가 있다[4,5].

일반적으로 철도부지 도상자갈의 오염물질은 대부분 자갈 표면에 존재하므로 표면의 오염물질만 제거해도 오염도를 현저히 낮출

*Corresponding author. Tel.: +82-31-460-5362, E-mail : ymcho@krri.re.kr.
© 2015 The Korean Society for Railway. All rights reserved.
http://dx.doi.org/10.7782/JKSR.2015.18.6.552

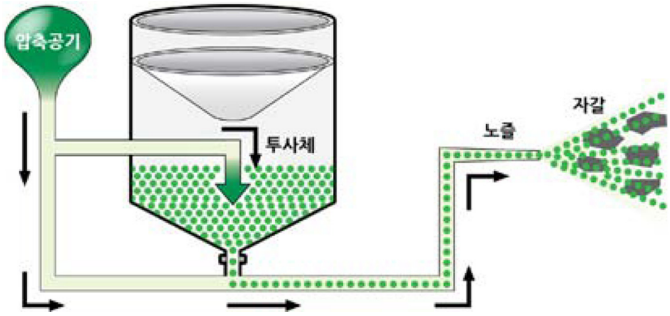

Fig. 1. Schematic diagram of the dry cleaning method.

수 있다. 이에 자갈표면의 오염물질을 제거하는 건식 처리 기술이 시도된 바 있다[6]. Fig. 1에 오염자갈의 건식 세척 기술의 원리를 나타내었다. 자갈표면에 경도가 높은 연마재를 압축공기를 이용하여 고압으로 분사하면 자갈 표면의 오염물질이 물리적으로 떨어지게 된다. 이 때 연마재는 회수 후 다시 압축공기와 함께 다시 오염 자갈에 분사하여 정화할 수 있으며, 오염물질과 더 이상 연마재로서의 역할을 할 수 없는 가루 형태의 연마재는 모아서 처리함으로써 오염물질의 양을 획기적으로 줄일 수 있다. 이에 본 연구에서는 건식 처리 기술로 오염된 도상자갈을 처리할 수 있는 시작품을 제작하고, 실제 철도부지에서 채취한 오염자갈의 처리에 적용하여 보았으며, 이를 통해 본 기술의 성능을 검증하고자 하였다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 시료 및 실험장치

본 실험에 사용된 오염자갈은 철도차량 차량기지의 기관차 정차장과 선로 분기기, 고속열차 정차역의 승강장 앞 선로, 화물열차 정차역의 선로 분기기 등 총 네 곳에서 포집하였다.

2.2 실험방법

본 실험에는 오염된 자갈을 처리할 수 있는 Fig. 2와 같은 오염자갈 정화 장치를 제작하여 사용하였다. 이 장치는 자갈 투입장치, 자갈 처리장치, 집진 장치, 처리된 자갈 이송장치 등 총 네 부분으로 구성되어 있는데, 먼저 20kg의 오염자갈을 자갈 투입장치를 통해 정화장치에 넣었다. 정화장치 내부에는 아래쪽에서 위쪽으로 움직이는 자갈 섞임 장치를 설치하여 자갈이 지속적으로 회전하고, 섞일 수 있도록 함으로써 자갈표면이 골고루 장치의 상부에서 하부로 분사되는 미디어 및 압축공기와 접촉할 수 있도록 하였다.

투입된 오염자갈에 30초간 압축공기만을 분사하는 전처리를 통하여 자갈 표면의 먼지 및 토양 등을 우선적으로 제거하였으며, 이러한 전처리를 통해 연마재의 사용량을 줄이도록 하였다. 이 때 압축공기는 현장에 같이 설치한 대형 공기압축기에서 정화 장치로

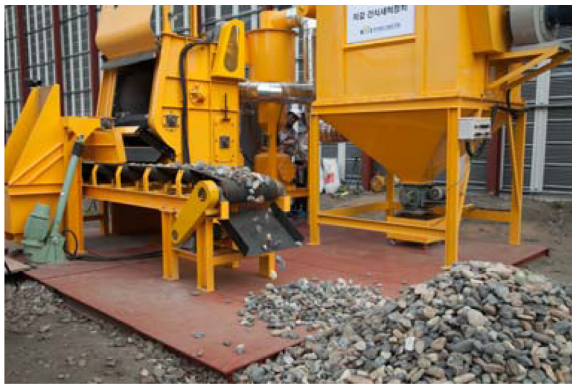

Fig. 2. Dry cleaning device for the remediation of the polluted ballast gravel used in this study.

보내졌는데, 이 때 압축공기의 압력은 약 7 bar 정도로 유지하였다. 이렇게 30초간의 전처리 과정이 완료된 후에 같은 조건에서 금강사를 압축공기와 함께 오염된 자갈 표면에 분사하여 자갈 표면의 오염물질을 물리적으로 제거하였다. 본 실험에 사용된 금강사는 주성분이 Al_2O_3이고, 비중은 약 3.9g/m^3, 모스 경도는 8, 매시는 150, 입자크기는 0.105mm였다.

처리 과정에서 발생하는 토양과 먼지는 집진기를 통하여 모음으로써 외부 공기로 나가지 않도록 하였다. 이 때 오염물질은 크기가 너무 작아져서 재사용이 불가능한 연마재와 함께 아래쪽으로 모이도록 하였다. 이렇게 모인 연마재는 처리과정에서 발생하는 석유계탄화수소 및 중금속 등으로 오염되어 있기 때문에 별도로 모아서 지정폐기물로 처리하도록 하였다.

건식세척장치를 이용한 오염물질 처리는 1분~10분까지 다양하게 변화시키면서 수행하였으며, 오염물질 처리가 완료되면 다시 연마재 없이 압축공기만 분사하여 자갈 표면의 연마재 등을 제거한 후에 자갈 시료를 채취하고, 이들 자갈 시료 표면의 오염물질 농도를 분석함으로써 시간에 따른 자갈 표면의 오염도 변화를 알아볼 수 있도록 하였다.

2.3 분석방법

처리 전후 자갈 표면의 석유계총탄화수소물(Total Petroleum Hydrocarbon; TPH)과 중금속을 분석하여, 처리 성능을 알아보았다. 분석방법은 환경부의 토양오염공정시험기준의 석유계총탄화수소 분석방법[7,8] 및 금속류 분석방법[9-15]을 준용하였으며, 금속류는 구리, 납, 니켈, 아연을 분석 대상으로 하였다.

자갈 표면의 석유계총탄화수소 농도 분석을 위하여 디클로로메탄을 이용하여 추출하였다. 이 때 초음파추출기를 이용하여 추출하고, 구데르나다니쉬 농축기를 이용하여 농축하였다. 이렇게 추출된 용액은 DB-5(길이 30m, 안지름 0.32mm, 필름두께 0.25μm) 컬럼이 장착된 기체 크로마토그래프(Shimadzu, GC-2010Plus)와 불꽃이온화검출기(Flame Ionization Detector)를 이용하여 분석하였다. 표준용액으로는 노말알칸표준용액(C_8~C_{40})을 이용하였다.

자갈 표면의 금속류 농도 분석을 위하여 0.1N 염산으로 용출시키고 질산으로 용출액 중의 유기물을 산화시킨 후에 여과지로 불용성 잔류물을 걸러내었다. 이렇게 추출한 시료는 유도결합플라스마-원자발광분광기(Perkinelmer, OPTIMA 2100 DV)를 이용하여 분석하였다. 구리, 납, 니켈, 아연 표준용액을 이용하여 시료 중 금속 농도를 측정하였다. 구리는 324.75nm, 납은 220.35nm, 니켈은 231.60nm, 아연은 213.86nm에서 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 선로분기기 오염자갈 TPH 저감성능

Fig. 3은 철도차량 기지 구내 입환용 디젤기관차 선로 분기기에서 채취한 오염자갈과 화물열차 정차역의 선로 분기기에서 채취한 오염자갈에 대하여 처리 전 및 처리 시간에 따른 석유계총탄화수소 농도 변화를 나타낸 것이다. 일반적으로 선로 분기기에는 선로 분기기의 원활한 동작을 위하여 주기적으로 윤활유를 도유하는데, 이 윤활유에 의하여 자갈이 오염된다. 철도차량 기지 구내의 선

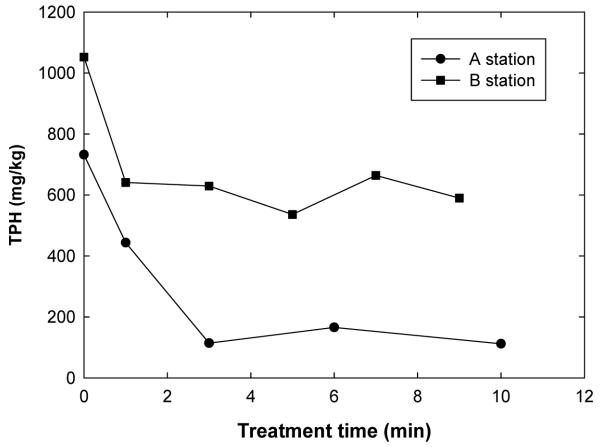

Fig. 3. Change in the total petroleum hydrocarbon (TPH) concentration of ballast gravel sampled from turnouts area for various treatment times.

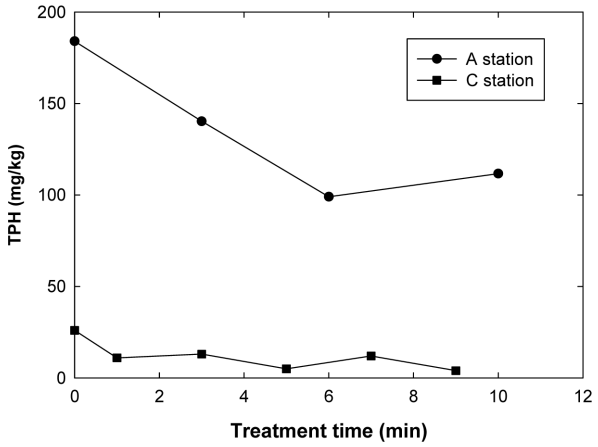

Fig. 4. Change in the total petroleum hydrocarbon (TPH) concentration on ballast gravel sampled from station track areas for various treatment times.

로 분기기에서 채취한 오염자갈의 처리 전의 석유계총탄화수소 농도는 732mg/kg이었다. 선로 분기기에는 주기적으로 윤활유를 도유하기 때문에 분기기 주변의 자갈은 철도부지 내의 다른 자갈에 비하여 석유계총탄화수소의 농도가 높았다. 처리시간 각각 1분, 3분, 6분, 10분이 경과한 후 시료를 각각 포집하여 석유계총탄화수소 농도를 분석한 결과, 각각 444mg/kg, 114mg/kg, 166mg/kg, 112mg/kg으로 나타났다. 처리시간 3분이 경과한 후에 이미 제거율이 약 84% 정도로 매우 높게 나타났으며, 그 이후로 처리시간이 길어져도 제거율이 더 이상 증가하지는 않았다.

화물열차 정차역 선로 분기기에서 채취한 오염자갈에 대해서도 마찬가지로 처리 시간에 따른 석유계총탄화수소 농도의 변화를 알아보았다. 선로 분기기에서 채취한 오염자갈의 초기 석유계총탄화수소 농도는 1,052mg/kg으로 철도차량 기지 구내의 선로 분기기에서 채취한 오염자갈보다 다소 높게 나타났다. 처리시간 각각 1분, 3분, 5분, 7분, 9분이 경과한 후의 시료를 포집하여 석유계총탄화수소 농도를 분석한 결과, 각각 641mg/kg, 629mg/kg, 536mg/kg, 664mg/kg, 590mg/kg으로 나타났다. 처리시간이 1분인 경우의 제거율은 약 40%로 나타났으나, 처리시간이 그 이상으로 증가하여도 제거율은 더 이상 증가하지 않았다. 이처럼 처리시간이 늘어나도 제거율이 크게 높아지지 않는 이유로는 크게 두 가지 원인을 고려해볼 수 있는데, 첫 번째는 우선 본 실험에서 사용한 물리적 건식세척 기술로는 자갈에 흡착하고 오랜 시간 동안 단단하게 경화된 윤활유의 제거가 어렵기 때문인 것으로 보이며, 두 번째는 자갈 표면의 틈 등으로 들어간 윤활유 등은 연마재에 의한 처리가 어렵기 때문인 것으로 보인다.

3.2 정차장 주변 오염자갈 TPH 저감성능

Fig. 4는 고속철도 정차역의 승강장 앞 선로에서 채취한 자갈과 철도차량기지의 기관차 정차장에서 채취한 자갈에 대하여 처리 전 및 처리 시간에 따른 석유계총탄화수소 농도 변화를 나타낸 것이다. 일반적으로 이와 같은 열차 정차장의 자갈은 주로 기관차나 객차, 화차 등에서 떨어진 윤활유에 의하여 지속적으로 오염된다. 고속철도 정차역 승강장 앞 선로에서 채취한 자갈은 주로 고속철도 열차가 역사에 정차하거나 지나갈 때 떨어지는 윤활유에 의하여 오염된다. 처리 전의 석유계총탄화수소 농도는 26mg/kg으로 오염농도가 비교적 낮게 나타났다. 처리시간 1분, 3분, 5분, 7분, 9분경과 후의 시료를 포집하여 석유계총탄화수소 농도를 분석한 결과 각각 11mg/kg, 13mg/kg, 5mg/kg, 12mg/kg, 4mg/kg으로 나타났다. 처리시간 1분 후의 제거율은 약 57.7%, 5분 후와 9분 후의 제거율은 약 80.8%와 84.6%까지 나타났다. 이 자갈은 초기 오염도가 다른 자갈에 비하여 낮고, 윤활유가 자갈 표면에 강하게 결합하지 않아서 처리 효율이 상대적으로 높게 나온 것으로 보인다.

기관차 정차장에서 채취한 자갈에 대하여 처리 전의 석유계총탄화수소 농도를 측정한 결과는 184mg/kg이었다. 이는 앞서 고속철도 정차역의 승강장 앞 선로에서 채취한 자갈의 석유계총탄화수소 농도보다 높은 값인데, 이처럼 높게 나타나는 원인은 차량기지의 디젤기관차가 차량기지에서 정차 및 대기하는 시간이 고속철도 역사에서 고속철도 차량이 승객의 승하차를 위하여 잠시 정차하는 시간에 비하여 현저히 길기 때문인 것으로 보인다. 처리시간 3분, 6분, 10분 경과 후의 시료를 포집하여 석유계총탄화수소 농도를 분석한 결과 각각 140mg/kg, 99mg/kg, 112mg/kg으로 나타났다. 처리시간이 3분인 경우의 제거율은 약 23.8%였고, 6분인 경우의 제거율은 약 46.2%로 나타나 처리시간 6분까지는 처리시간이 늘어날수록 석유계총탄화수소가 제거율이 증가하였지만, 그 이상으로 처리할 경우에는 제거율에 큰 차이가 없음을 확인할 수 있었다.

3.3 차량기지 선로 주변 오염자갈의 중금속 저감성능

철도차량기지의 기관차 정차장에서 채취한 중금속으로 오염된 자갈에 대하여 처리시간에 따른 각 중금속별 농도 변화를 알아보고 이를 Fig. 5~8에 나타내었다. 철도부지의 자갈은 다양한 중금속에 의하여 오염되는데, 선로와 차륜 사이의 마찰, 가선과 수전기 사이의 마찰, 차륜과 제동기 사이의 마찰, 차량 내부의 기계적 마찰 등에 의하여 다양한 중금속 오염물질이 발생하며, 이들 중금속 오염물질이 윤활유 등과 함께 오염자갈 표면에 흡착하게 된다.

Fig. 5는 처리시간에 따른 자갈 표면 구리의 농도 변화를 나타낸 것이다. 처리 전의 구리 농도는 3.42mg/kg이었고, 처리시간 1분, 3분, 6분, 10분경과 후에는 각각 0.74mg/kg, 0.18mg/kg, 0.09mg/kg, 0.19mg/kg으로 처리시간 3분 내에 초기 구리 농도의 90% 이상이 제거됨을 확인할 수 있었다. 마찬가지로 Fig. 6은 동일 자갈에 대하여 처리시간에 따른 자갈 표면의 납의 농도 변화를 나타낸 것이다. 처리 전의 납 농도는 1.2mg/kg이었고, 처리시간 1분, 3분, 6분, 10분경과 후에는 각각 0.05mg/kg, 0.09mg/kg, 0.02mg/kg, 0.02mg/kg으로 처리시간 1분 내에 초기 납 농도의 90% 이상이 제거됨을 확인할 수 있었다.

Fig. 7은 처리 시간에 따른 자갈 표면 니켈의 농도 변화를 나타낸 것이다. 처리 전의 초기 니켈 농도는 0.25mg/kg이었다. 그러나, 처리시간 1분, 3분, 6분, 10분 경과 후에는 각각 0.10mg/kg, 0.07mg/kg, 0.03mg/kg, 0.05mg/kg으로 농도가 감소하는 것을 볼 수 있었다. 구리와 납이 초기 1분에서 3분 사이에 90 % 이상 제거되었던 것에 비하여 니켈은 3분 처리 후에도 제거율이 72%에 불과하였으며, 6분을 처리해야 80% 이상으로 제거율이 증가하였다. 그러나, 처리시간을 그 이상으로 늘려도 농도가 크게 변화하지 않았다.

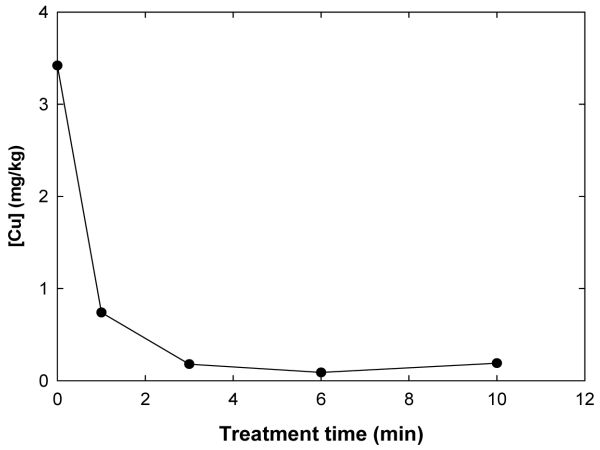

Fig. 5. Change in the copper concentration of ballast gravel sampled from station track areas for various treatment times.

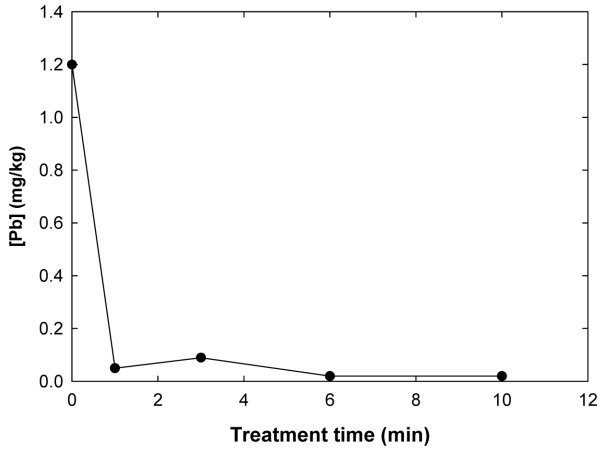

Fig. 6. Change in the lead concentration of ballast gravel sampled from station track areas for various treatment times.

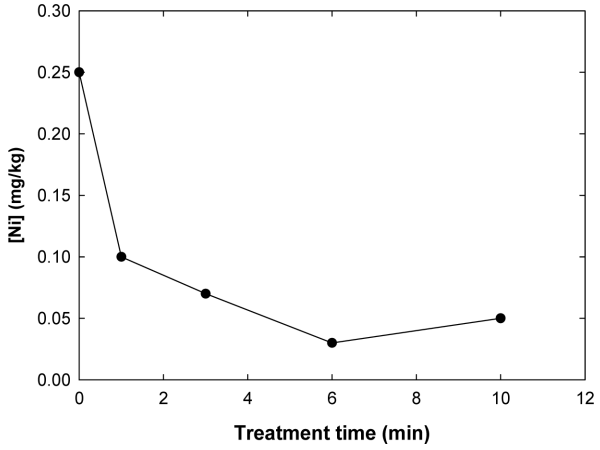

Fig. 7. Change in the nickel concentration of ballast gravel sampled from station track areas for various treatment times.

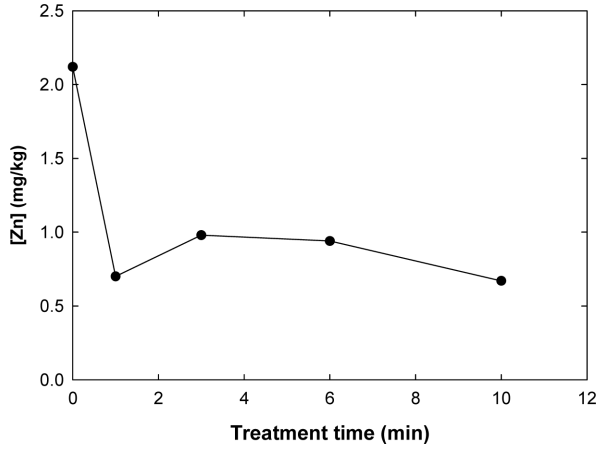

Fig. 8. Change in the zinc concentration of ballast gravel sampled from station track areas for various treatment times.

Fig. 8은 처리 시간에 따른 자갈 표면 아연의 농도 변화를 나타낸 것이다. 처리 전의 아연 농도는 2.12mg/kg이었고, 처리시간 1분, 3분, 6분, 10분경과 후에는 각각 0.70mg/kg, 0.98mg/kg, 0.94mg/kg, 0.67mg/kg으로 나타났다. 아연은 니켈보다도 처리효율이 더욱 낮게 나타났는데, 처리시간을 10분으로 해도 제거율은 70% 미만이었다. 이처럼 니켈과 아연이 구리나 납에 비하여 처리에 더 많은 시간이 소요되고, 처리 효율도 상대적으로 낮은 것은 니켈과 구리의 반응성이 구리나 납에 비하여 더 커서 자갈과 강한 흡착결합을 형성하기 때문에, 본 정화기술에서 적용하는 물리적 힘으로는 잘 떨어지지 않기 때문인 것으로 보인다. 이처럼 본 자갈 정화기술은 자갈 표면의 중금속을 65-95%까지 효율적으로 제거할 수 있음을 확인할 수 있었다.

3. 결　　론

본 연구에서는 철도부지의 오염자갈을 물리적으로 세척할 수 있는 오염자갈 정화장치를 이용하여 오염자갈 표면의 총석유계탄화수소와 중금속의 처리효율을 알아보았다. 실험결과 석유계총탄화수소의 경우 차량 윤활유 오염자갈의 정화에는 효율적이었으나, 분기기용 윤활유 오염자갈의 정화에는 효과가 비교적 낮게 나타났다. 중금속의 경우에는 구리와 납 성분의 정화에는 제거효과가 우수하였으나, 니켈과 아연 성분의 정화에는 제거효과가 다소 떨어지는 것으로 나타났다. 이와 같은 처리 성능의 차이는 오염물질이 자갈 표면에 얼마나 강하게 흡착되어 있는지, 그리고 본 기술을 이용한 처리가 상대적으로 어려운 자갈 표면의 틈에 흡착한 오염

물질의 양이 얼마나 되는지에 따라 달라지는 것으로 보인다. 본 건식 세척 처리기술은 기존의 계면활성제를 이용한 수세척 처리 방법에 비해서 처리 효율도 우수하고, 처리 시간도 대폭 줄일 수 있음을 본 연구를 통해 확인할 수 있었다. 실제 현장 적용을 위해서는 자갈의 건조를 통한 건식 세척 방법의 처리효율 향상, 장치 대형화를 통한 처리 용량 증대로 경제성을 확보하는 것이 중요할 것으로 보인다. 향후 추가 실용화 연구 등을 통해 본 기술이 실제 현장에 적용될 수 있도록 하는 것이 필요하다.

후 기

본 연구는 한국철도기술연구원 주요사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

[1] S.W. Oa, T.G. Lee (2009) Investigation of soil pollution status for railroad depot, *Journal of the Korean Society for Railway*, 12(5). pp. 788-792.
[2] S.W. Park, J.M. Cho, J.Y. Lee, J.K. Park, *et al*. (2011) Feasibility study on soil flushing for railway soil contaminated with lubricant oil and zinc, *Journal of soil and groundwater environment*, 16(4), pp. 31-37.
[3] S.W. Park, J.Y. Lee, T.S. Kwon, K.J. Kim, *et al*. (2009) Feasibility study on the remediation of Zn-contaminated railroad soil using various washing agents, *Journal of soil and groundwater environment*, 14(1), pp. 78-82.
[4] N. Kim, I. Kim, A. Choi, M. Lee (2006) Study on the combination of in-situ chemical oxidation method by using hydrogen peroxide with the air-sparging method for diesel contaminated soil and groundwater, *Journal of soil and groundwater environment*, 11(6), pp. 8-17.
[5] J. Kim, J. Lee (2008) The study on the examined mist generation and extraction tendency of heavy metal in the remediation process of contaminated soil using H_20_2, *Journal of Korea solid wastes engineering society*, 25(1), pp. 15-22.
[6] Y. Cho, D.S. Park, Y. Choi, J.I. Lim, K.H. Lee (2005) Remediation of contaminated ballast gravels by blasting technology, *Korean Society of Railway Fall Meeing*, pp. 1183-1184.
[7] KS M ISO 16703 (2005) Soil quality - Determination of content of hydrocarbon in the range C10 to C40 by gas chromatography.
[8] Ministry of Korean Environment (2008) Polluted soil test process standard – total petroleum hydrocarbon.
[9] US EPA SW846 Method 3050.B (1996) Acid digestion of sediments, sludges, and soils.
[10] US EPA Method 200.7 (1991) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.
[11] Standard Methods 3120 (2005) Metals by plasma emission spectroscopy.
[12] KS M ISO 11466 (2003) Soil quality - Extraction of trace elements soluble in aqua regia.
[13] ISO 22036 (2008) Soil quality - Determination of trace elements in extracts of soil by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry(ICP–AES).
[14] Ministry of Korean Environment (2007) Waste process test method.
[15] Ministry of Korean Environment (2008) Soil pollution test procedure standard.

(Received 2 September 2015; Revised 20 October 2015; Accepted 27 October 2015)

Youngmin Cho : ymcho@krri.re.kr
Korea Railroad Research Institute, 176 Railroad Museum Road, Uiwang, Gyeonggi 16105, Korea
Duckshin Park : dspark@krri.re.kr
Korea Railroad Research Institute, 176 Railroad Museum Road, Uiwang, Gyeonggi 16105, Korea
Tae-Soon Kwon : klez@krri.re.kr
Korea Railroad Research Institute, 176 Railroad Museum Road, Uiwang, Gyeonggi 16105, Korea
Jae-Young Lee : iyoung@krri.re.kr
Korea Railroad Research Institute, 176 Railroad Museum Road, Uiwang, Gyeonggi 16105, Korea