

# 저온 플라즈마 기술을 이용한 매립지 침출수 난분해성 물질 제거효율에 관한 연구

유영준\*, 김영춘\*\*, 박진영\*\*\*

\*공주대학교 기전공학과

\*\*공주대학교 기계자동차공학부

\*\*\*공주대학교 기계공학과

e-mail:yckim59@kongju.ac.kr

## A Study on the Removal Efficiency of Non-Degradable Substances From Landfill Leachate Using Low Temperature Plasma Technology

Yeong-Jun Yu\*, Young-Choon Kim\*\*, Jin-Young Park\*\*\*

\*Dept. of Mechatronics Engineering, Kongju National University

\*\*Division of Mechanical and Automotive Engineering, Kongju National University

\*\*\*Division of Mechanical Engineering, Kongju National University

### 요약

본 연구에서는 오염물질이 제거되지 않은 폐수 배출수가 하천이나 해안방류 시 2차 수질오염을 유발하는 난분해성 물질을 효과적으로 처리하기 위해 폐수 중 매립지 침출수 처리시설의 폐수를 저온 플라즈마 발생기를 통해 처리하고 그 효율을 평가하고자 하였다. 처리효율을 확인하기 위하여 지정·일반 폐기물을 매립하는 A 매립지와 생활쓰레기등을 매립하는 B 위생매립지에서 발생하는 침출수 유입수를 채수하였으며, 이 시료의 유입수를 플라즈마 발생기를 거친 처리수를 실험하여 비교 분석하였다. A 매립지의 플라즈마 공법을 적용한 처리수의 효율은 각각 CODcr 13.8%, T-N 15.1%, T-P 22.3%로 기대치에 미흡한 결과가 도출되었으며, B 매립지의 플라즈마 공법을 적용한 처리수의 효율은 각각 CODcr 51.0%, T-N 50.0% T-P 50.0%기 도출되었다. 두 매립지를 비교해 보면 B 위생매립지 침출수가 A 매립지 침출수보다 유입농도가 절반정도 낮고, 처리효율은 의미 있게 높은 수치의 결과를 보여주어 지정·일반폐기물을 매립하는 곳의 침출수보다 생활쓰레기를 매립하는 매립지의 침출수 처리에서 저온플라즈마 시스템의 처리효과를 확인할 수 있었다.

### 1. 서론

폐수에 함유되어 있는 난분해성 물질은 생물학적 처리 이후에도 높은 농도를 유지하며, 이런 난분해성 물질은 생태계오염의 원인이 된다. 이런 난분해성 물질은 매립지 침출수, 제지폐수, 염색폐수 등에 존재하는데 기존의 처리방법으로는 한계가 있다. 침출수는 매립지 내의 폐기물에 함유된 수분 및 우천시 매립층으로 침투한 수분 등이 유출되어 축적된 폐기물을 말하며, 우리나라 전국 매립지는 255개소(2015년 기준, 보건환경연구원)가 운영 중이다. 수많은 매립지의 침출수를 효율적으로 처리하기 위해 플라즈마 공법을 적용되고 있다. 플라즈마는 고온 플라즈마(thermal plasma), 저온플라즈마(non-thermal plasma), 저밀도 플라즈마 및 고밀도 플라즈마 등으로 분류할 수 있다. 환경 분야에서는 저온 고밀도 플라즈마가 많이 사용되고 있다[1].

저온플라즈마의 역사는 이온화 가스의 물리학적 연구 분야에서 시작되었으며, 1880년까지는 제4의 물질 상태라고 알려져 있다[2,3]. 1887년에 전기-화학의 맥락에서 수행된 플라즈마-액체상호 작용에 대한 초기 연구가 발표되었고[4,5], 이후 수

십년 동안 플라즈마 방전으로 생성된 오존이 수처리에 사용되었다.

오존의 자기분해 과정에서 생성되는 OH radical은 오존처럼 유기물과 선택적으로 반응하는 것이 아니라 용액상태에서 충돌하는 거의 모든 유기물, 무기물과 매우 빠르게 반응한다. 고급산화법(advance oxidation process)란 중간 생성물인 OH radical의 이런 특성을 이용하는 공정으로써 오존의 분해를 일으키거나 광분해(photolysis)등과 같은 방법으로 반응성이 높은 OH radical의 생성을 증가시켜 오존만으로 제거될 수 없는 유기물의 분해를 촉진 시키는 보다 진일보 적인 기술이라 할 수 있다[6,7].

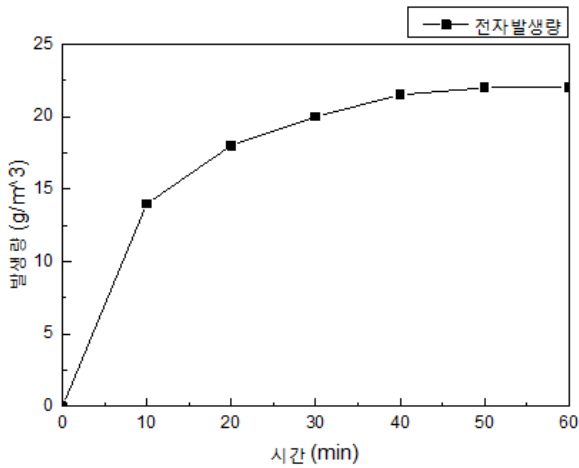
플라즈마 발생장치는 미세버블장치를 이용하는데, 생물반응조에 적용하면 산화력이 강해서 벌킹현상으로 인하여 많은 양의 스크임이 호기조 수면에 발생되었고[9], 이로 인해 스크임이 월류하는 현상이 발생하여 처리공정에 문제가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 플라즈마 산화력만을 이용해 오염도 저감 효과를 확인하기 위해 난분해성 물질을 배출하는 폐수 중 매립지 침출수를 대상으로 플라즈마의 산화력을 이용하여 난

분해성 물질이 발생하는 대표적인 매립지 침출수의 처리 성능에 대하여 실험을 통해 검증해 보고자한다.

## 2. 실험 장치 및 방법

### 2.1 실험장치

그림 1의 플라즈마 발생기 성능 곡선도를 보면 플라즈마 적용 후 한 시간이 경과하면, 발생량이 20g/m<sup>3</sup>을 초과하면서 최대치를 기록하게 된다. 그러면 산화조의 전자 단위 투입률도 최고치에 이르러 있다.



[그림 1] 플라즈마 성능 곡선도

전자 발생 장치는 고전압 및 고주파 펄스 전원 방식이며 동력은 220V\*0.3KW의 제원을 가진 기기를 사용하였으며, 규격은 NEG-200, W750\*L675\*H1180이다.

전자 발생 장치는 그림 2와 같이 간단한구조 이며, 여러 개의 전극판과 버스바, 전극 핀 등으로 이루어져 있어 전극 핀에 전압을 인가하여, 다양한 고전압 전자방전을 일으켜 유입되는 기체로부터 활성종을 효과적으로 발생시킬 수 있다.

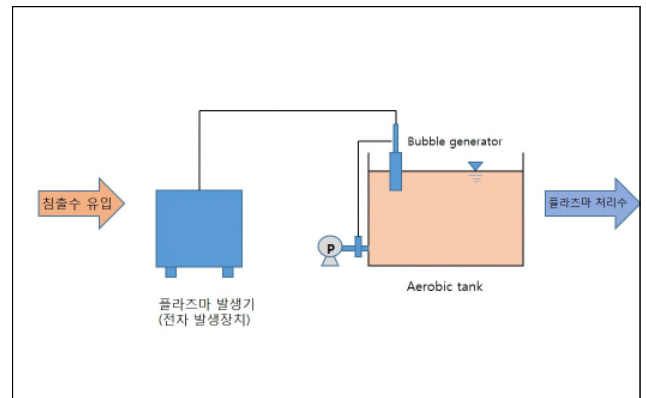


[그림 2] 플라즈마 발생장치

### 2.2 실험 방법

시료는 우리나라 255개소의 매립지 중에서 충남 지역에 위치한 폐기물 매립지 2곳의 침출수를 선정하였다. 실험 분석 항목은 침출수의 주요 배출 기준항목인 COD<sub>Cr</sub>, T-N, T-P로 선정 하였으며, 분석방법은 수질오염공정시험기준[8]을 적용하였다.

플라즈마공법은 폐수처리 공정과정 중 후처리 공정이 효율적으로 이뤄질 수 있게 하는 전처리 공정으로 적용하는 것을 고려하여 그림 3과 같은 방법으로 실험을 진행하였다. 또한 충분히 반응효과를 확인하기 위해 24시간이상 반응시켜 결과를 도출하였다.



[그림 3] 반응기의 실험 모식도

## 3. 결과 및 고찰

수질 오염 제거 효율 측정 실험을 진행하기 위해 A매립지와 B 매립지에서 주 1회 씩 2번 시료를 채취하여 저온 플라즈마 공법의 적용 전·후의 오염수의 농도를 측정하였다.

### 3.1 COD<sub>Cr</sub> 제거율

A 폐기물 매립지의 COD<sub>Cr</sub> 원수 농도는 5,605.0 [ppm], 5,785.0 [ppm]가 나타났으며, 플라즈마 공법을 적용한 처리수의 농도는 4,785.0 [ppm], 5,040.0 [ppm]이다. 따라서 오염수의 처리효율은 각각 15.0 [%], 13.0 [%] 이다. 반면 B 위생매립지의 COD<sub>Cr</sub> 원수 농도는 A 폐기물 매립지보다 낮은 2,120.0 [ppm], 1,982.0 [ppm]가 도출되었으며, 플라즈마 공법을 적용한 처리수의 농도는 996.0 [ppm], 1,021.0 [ppm]으로 각각 53 [%], 48 [%]의 처리효율을 보인다.

### 3.2 T-N 제거율

A 폐기물 매립지의 T-N 원수 농도가 4,272.0 [ppm], 4,350.0ppm으로 COD<sub>Cr</sub>과 같이 높은 수치를 보이고, 플라즈마 공법을 적용한 처리수의 농도 또한 3,562.0ppm, 3,759.0ppm로 낮은 처리효율인 17%, 14%의 결과가 나왔다. B 매립지의 경

우 원수농도는 2,513.0ppm, 2,436.6ppm이었고, 플라즈마 공법을 적용한 처리수의 농도는 1,282.8ppm, 1,192.0ppm으로 처리효율은 49.0%, 51.0%로 나타났다. T-N은 CODcr의 결과와 동일하게 B 매립지의 처리효율이 높은 것으로 확인된다.

### 3.3 T-P 제거율

A 매립지의 T-P의 원수 농도가 25.7ppm, 26.9ppm이었으며, 플라즈마 공법을 적용한 처리수의 농도는 19.6ppm, 21.2ppm으로 처리효율은 23%, 21%로 나타났으며, CODcr과 T-N에 비하여 높은 처리효율이 나타나는 것으로 확인된다. B 매립지의 경우 T-P의 원수농도가 18.6ppm, 16.2ppm이고, 플라즈마 공법을 적용한 처리수의 농도는 9.6ppm, 7.8ppm으로서 처리효율은 48.0%, 52.0%의 결과가 도출되었다.

## 4. 결론

난분해성 유기물의 많이 발생하는 폐수를 분석하기 위해 매립지 침출수를 수집하였으며, 이를 저온 플라즈마 시스템을 통해 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) CODcr 원수농도는 A 매립지가 B 매립지보다 2배 높았으며 처리효율은 B매립지가 3배 이상 처리효율이 높게 나타났다. 그리고 T-N 유입농도는 A매립지가 B매립지보다 1.4배 높았고, 처리효율은 B매립지가 3배정도 처리효율이 높으며, T-P 유입농도는 A매립지가 B매립지보다 1.2배 높았고 처리효율은 B매립지가 2~2.5배 높게 나타났다.

2) COD와 T-N은 B매립지의 처리효율이 3배 정도로 결과도 도출되었으나 T-P농도는 유입농도가 낮아 처리효율이 낮은 결과가 나온 것으로 판단된다. T-P 농도는 폐기물 매립지와 달리축산폐수나 특정약품을 사용하는 공장에서 상당히 높게 발생하는 것으로 예상된다.

결론적으로 난분해성 물질이 많이 발생하는 매립지 침출수를 처리함에 있어, 플라즈마를 이용한 처리공법상 매립지 침출수의 처리효과가 실험을 통해 효용가치를 알 수 있었다. 또한 침출수의 특성상 원수농도가 상대적으로 낮고, 무엇보다 특정·일반폐기물을 매립하여 발생하는 침출수 보다 생활쓰레기를 매립하여 발생하는 침출수 처리에 더욱 적합하다는 결론을 얻을 수 있었다.

- [1] Rossnagel, S. M., Cuomo, J.J., and Westwood, W.D., "Handbook of Plasma Processing Technology", Noyor Pub, 1990.
- [2] U.S. Inan and M. Golkowski, "Principles of plasma physics for engineers and scientists. Cambridge University Press", 2010.
- [3] W.Crookes, "I. On a fourth state of matter, in a letter to the Secretary. By W. Crookes, FR S", Proceedings of the royal Society of London, vol.30, no200-205,pp.469-472, 1880.
- [4] J. Gubkin, "Electrolytische Metallabscheidung an der freien Oberfläche einer Salzlösung", Annalen der Physik, vol. 268, no. 9, pp. 114-115, 1887.
- [5] S. Samukawa et al., "The 2012 plasma roadmap", Journal of Physics D: Applied Physics, vol. 45, no. 25, p. 253001, 2012.
- [6] Glaze, W.H. and kang, J.W., and chapin, D.H., "The chemistry of water treatment processes involving ozone hydrogen, peroxide and ultraviolet Radiation", Ozone Sci. Engrg., 9, 335-352, 1987.
- [7] Bull, R.A., and Jeff, J.D., "Chemical oxidation processes for treatment of industrial processes and contaminated groundwater", Chemical Oxidation Technologies for the Nineties(February, 20-22), 26-36, 1991년.
- [8] Ministry of Enviroment, "Standard Methods for Examination og water Quality". 2014.
- [9] Ji-Young Lim, Jin-Han Kim., "Application of Microbubble in MBR Process for Night Soil Treatment", 2017.