

# 鐵接觸材를 利用한 磷除去技術(Ⅱ)

## — 接觸曝氣方式 —

역자 : 이현 동 / 한국건설기술연구원  
환경연구실 선임연구원

### 1. 머릿말

1960년대이후의 고도경제성장의 과정에서 수질 오염과 대기오염등의 공해가 각지에서 발생하여 이것들을 방지하기 위해 각종 기술개발이 진행되어 왔다.

폐수 및 하수처리 분야도 마찬가지로 여러 새로운 수처리기술의 시험이 활발히 행해지고 있다.

이 原稿는 경도대학의 니시구치교수등의 자료를 토대로 농촌지역을 대상으로 하는 집락배수처리사업을 추진하기 위한 일본의 사례로서 농촌집락의 지역특성에 적합할 새로운 오수처리기술의 연구에 관한 것이다.

농촌과 같은 소규모이고 분산된 집락의 지역특성에 적합한 기술로는 다음과 같은 사항이 요구된다.

(a) 오수의 현저한 부하변동에 대해 양질의 처리수가 안정적으로 얻어질 것.

(b) 구조가 단순·견고하고 고장이 적을 것.

(c) 일상의 운전관리조작에 고도의 전문기술을 필요로 하지 않을 것.

(d) 처리하기 위한 전력비나 화학약품비 등의 비용이 가능한 한 저렴할 것.

이 조건들을 만족시킬 간편하고 효율이 높은 磷除去技術로서 前報<sup>1)</sup>에서는 회전철원판방식에 의한 탈인법의 실험결과를 보고한 바 있다.

현재까지 밝혀진 인제거의 특징을 요약하면 다음과 같다.<sup>2)~5)</sup>

[장 점]

① 오수를 처리하는 포기조에 철판이나 철근 등의 보통 철재를 담그면 포기에 의한 용존산소와 攪拌水流가 자연발생적으로 산소농담전지(Oxygen Concentration Cell)를 형성<sup>6)</sup>해서, 이것이 구동력이 되어 철재표면에서 철이온을 용출하여 오수중의 인과 화합하여 인산철염 등의 非結晶質(Amorphous)이 되어, 슬러지와 함께 침전·제거된다. 이 때문에 응집제나 중화제가 불필요하며 운전관리 노력도 절감할 수 있기 때문에 탈인 비용이 매우 저렴하게 되는 것.

② 철은 미생물에 대한 독성이 적고<sup>7)</sup>, 철재를 포기조에 담가서 오수의 생물처리를 하면 일반 활성슬러지법이나 생물막법과 같은 정도의 효율로 BOD나 SS를 제거하고, 아울러 인도 동시에 제거할 수 있다. 따라서 건설비나 유지관리비가 저렴한 것.

③ 슬러지와 함께 침전·제거된 인산철염은 난용성이기 때문에 혐기성 상태의 슬러지저류조 등에 장기간 저류해도 인의 재용출을 일으키지 않는 것.

④ 수중에 철이온이 용출되기 때문에 응집반응이 일어나고, 특히 미세한 SS의 제거율이 증대하여 투시도가 향상되는 것.

⑤ 인제거율은 철재의 표면적에 비례하므로 조정이 용이한 것.

[단 점]

① 처리일수의 경과에 따라 철재표면에 산화철이나 인산철염 등의 방식성 피막이 서서히 부착되고, 철이온의 용출이 점차 감소한다. 그 때문에 인

제거율은 서서히 저하한다. 따라서 시간의 흐름에 따른 인제거율의 저하를 방지하기 위해 철재표면에 부착된 피막을 정기적으로 청소·제거해야 하는 것.

② 철재는 서서히 철이온을 용출하여 減耗하기 때문에 2~3년에 1회 정도는 새로운 철재로 교환·보충해야 하는 것.

이상의 장·단점중에서 최대의 단점인 “시간의 흐름에 따른 인제거율의 저하”를 방지하기 위해서는 우선 철재표면의 철이온 용출특성, 다시말해 철의 부식특성을 밝히는 것이 중요하다고 생각하여 포기조에 철접촉재를 담가서 철의 부식특성을

해명하기 위한 인제거실험을 했다.

따라서 이번은 포기조에 철판접촉재를 담근 경우의 접촉포기방식에 의한 인제거실험의 결과를 보고한다. 이 방법은 기존의 활성슬러지처리공법을 그대로 유지하면서도 유기물제거와 인제거를 동시에 도모할 수 있다는 점에서 현재 국내의 폐수 및 하수처리장의 여건을 현실적으로 감안해 볼 때, 연구해 볼 수 있는 가장 손쉬운 방법이 될 것으로 판단되어 여기에 소개하고자 한다.

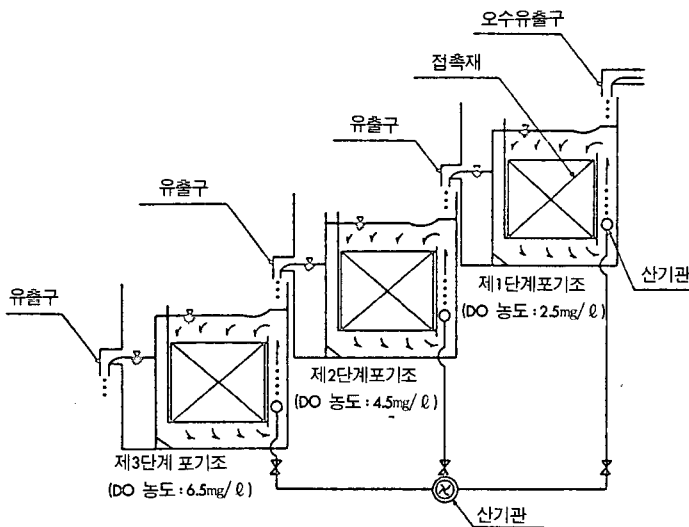
## 2. 철접촉재 접촉포기방식에 의한 탈인실험

### 2.1 실험장치

(그림-1)과 같이 3단식 플라스틱제 수조(25cm×25cm×10cm×3)에 포기장치를 설치하여 접촉포기 실험장치를 하고, 이것을 A, B, C의 3계열로 준비했다.

〈표-1〉 실험 A, B, C계열의 실험조건

구 분	제1단 포기조	제2단 포기조	제3단 포기조
DO농도(mg/ℓ)	2.5	4.5	6.5
A계열 접촉재	철판	플라스틱	플라스틱
B계열 접촉재	플라스틱	철판	플라스틱
C계열 접촉재	플라스틱	플라스틱	철판



(그림-1) 접촉포기장치의 개요도

이 경우 각계열마다의 실험수조의 유효용량은 12ℓ였다.

또한 이실험에서는 용존산소농도(DO)와 인제거율의 관계를 비교검토하기 위해 各段의 DO농도는 <표-1>에서 보는 바와 같이 제 1단 포기조에서는 2.5mg/ℓ, 제2단 포기조는 4.5mg/ℓ, 제3단 포기조는 6.5mg/ℓ가 되도록 포기량을 조절했다.

## 2.2 실험방법

### (1) [실험 1]: DO농도와 인제거율의 관계

우선은 플라스틱접촉재와 철판접촉재의 인제거 성능을 비교할 목적으로 3단식 접촉포기조의 3계열분, 합계 9조에 각조마다 플라스틱제의 소형 구상접촉재를 충전시킨 후, <표-2>에 나타낸 인공오수를 20ℓ/일의 부하량으로 공급하여 오수처리실험을 개시했다.

그리고나서 생물막의 착생·적응기간을 포함하여 약 2개월간의 처리운전을 하여 BOD, SS의 생물처리가 양호함을 확인한 후에 <표-1>에 나타낸 바대로 A계열에서는 제 1단 포기조의 플라스틱접촉재를 철판접촉재로 교환했다.

그리고 B계열에 대해서는 제 2단 포기조를, C계열에 대해서는 제 3단 포기조를 철판접촉재로 교환했다.

철판접촉재는 각계열 모두 시판하는 SS-40강판을 절단하여 100mm×50mm×0.8mm×28매를 사용했고, 1계열당 철판접촉재의 접촉면적은 0.28m<sup>2</sup>였다.

접촉재의 교환 후 곧 처리운전을 다시 시작하

여 그후 75일간에 걸쳐 철판접촉재에 의한 인제거 성능의 안정성·지속성을 비교검토하기 위한 실험을 진행했다.

수질분석을 위한 채수는 (그림-1)과 같이 각계열 모두 유입구에서 原水(인공오수)를, 각단의 포기조 유출구에서 처리수를 채취하여 인농도의 분석을 행했다.

또 플라스틱접촉재를 담근 경우와 철판접촉재를 담근 경우의 생물처리의 성능을 비교하기 위해서 각계열 모두 철판접촉재 浸漬處理實驗開始 전 날, 실험개시 30일 후 및 실험종료일에 각각 유입원수와 각단 포기조의 처리수를 채취하여 BOD, COD의 농도분석을 했다. 그리고 각 수질분석은 JIS K 0102에 準하여 행했다.

<표-2> 인공오수의 구성성분

펩	톤(g)	18
肉	엑 기 스(g)	12
염	화 나 트 립(g)	9
염	화 칼 립(g)	0.42
염	화 칼 슈 二 水 和 物(g)	0.42
황	산 마그네 슈 七 水 和 物(g)	0.30
인	산 이 수 소 칼 립(g)	2.5
수	도 물(ℓ)	100

### (2) [실험 2]: 철판접촉재표면의 부착피막의 同定

철판접촉재를 포기조에 담가서 오수처리를 하면 철판에는 서서히 표면피막<sup>주)</sup>이 형성되게 된다.

접촉포기방식이나 회전원판방식의 경우는 철판 접촉재표면에 생물막이 착생할 뿐만 아니라 철판에서 용출된 철이온이 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>나 FePO<sub>4</sub> 등 여러가

주) 철판접촉재의 표면피막은 철판표면이 화학적 변화를 일으킨 경우의 피막과 철판표면에 여러가지 물질이 침적·부착된 경우의 피막으로 구성된다. 이 실험에서는 시판되는 칫솔로 브러싱하여 벗겨낼 수 있는 것을 부착피막, 벗겨낼 수 없었던 것을 표면피막이라고 부르기로 했다.

지 철화합물이 되어 그것들이 철판접촉재 표면에 침적·부착하여 표면생성물을 구성하고, 또 그들 중 일부 또는 전부가 방식성 피막이 되어 철이온의 용출을 서서히 감소시켜 시간이 흐름에 따라 인제거율을 저하시킨다고 생각된다.

따라서 [실험 1]의 종료후에 포기조의 DO농도가 높고, 또 後述하는 바와 같이 인제거율이 시간이 흐름에 따라 저하하던 C계열 제 3포기조의 철판접촉재의 일부를 취해서 이것을 상온에서 약 2개월간 자연건조한 후 철판표면에 부착된 물질을 채취하여 그것을 시료로 하여 X선회절법에 의해 시료중의 무기화합물의 同定을 하였다.

(3) [실험 3]: 황산염 환원세균의 計數

철판을 오수중에 담가서 포기처리를 한 경우에 철이온을 용출하는 현상은 철판표면의 용존산소의 濃度差가 산소농도당전지를 형성하여 전기화학적 부식반응을 일으키는 경우와 미생물이 관여하여 생물학적인 부식반응을 일으키는 경우의 2가지가 있다.

철의 생물학적 부식에 관여하는 미생물로는 일반적으로 산성영역의 수중에서는 黃化酸化細菌(Thiobacillus)과 鐵酸化細菌(Ferrooxidans)이 알려져 있고<sup>9)</sup>, 또한 중성영역의 수중에서는 황산염 환원세균(Sulfate-Reducing Bacteria)의 경우가 많다고 일컬어진다<sup>9)</sup>.

따라서, [실험 1]의 철판접촉재의 탈인작용이 박테리아부식에 의한 것인지의 여부를 판정하기 위해 인제거실험의 종료후에 각 포기조중의 접촉재에 착생한 생물막을 채취하여 황산염 환원세균의 計數를 행했다.

또한 황산염 환원세균의 計數는 下水道試驗法<sup>10)</sup>에 準하여, <표-3>에 나타난 배양기를 이용하여 35℃를 유지하는 항온기 안에서 24시간 배양한 후에 행했다.

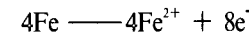
<표-3> 박테리아배양기의 구성성분

효 모 액 기 스(g)	1.0
인 산 이 수 소 칼 륨(g)	0.5
염 화 암 모 니 아(g)	1.0
황 산 나 트 륨(g)	0.1
염 화 칼 슈 六 水 和 物(g)	0.1
황 화 제 1 철 七 水 和 物(g)	0.2
황 산 마그네슘 七 水 和 物(g)	0.1
한 천(g)	15.0
수 도 물(ml)	1,000

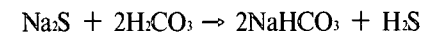
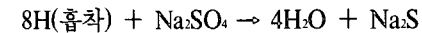
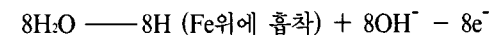
(4) [실험 4]: 철판접촉재의 표면피막과 부착피막의 同定

황산염 환원세균에 의한 철의 부식반응은 다음의 반응식과 같이 표시된다<sup>9)</sup>.

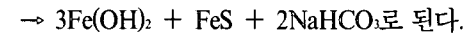
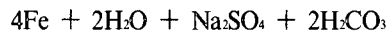
· 양극반응(Anode Reaction);



· 음극반응(Cathode Reaction);



따라서 위의 반응을 종합하면,



위의 식과 같이 황산염 환원세균에 의한 박테리아 부식은 최종생산물로서 황화철을 생성하는 것이 특징이라고 할 수 있다.

따라서 [실험 1]의 철판접촉재의 탈인작용이 황산염 환원세균에 의한 것인지의 여부를 판정하기 위해서 인제거실험 종료후의 철판접촉재를 꺼내어 철판표면의 色調를 관찰했다.

그리고 철판표면에 침적한 부착피막과 그 하층에 형성된 철의 표면피막에 대해서 에너지 분산형 X선 분석장치에 의해 相對原子數(%)·相對重量(%)을 측정했다. <계속>