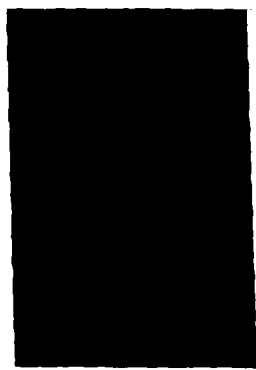


# 생물학적 공정에서 철의 전기분해를 이용한 오·폐수 중 질소와 인의 제거

(5)



목 차

- I. 서론
- II. 연구방법
  - 1. 실험장치 및 운전조건
  - 2. 분석항목 및 방법
  - 3. 자료분석
- III. 연구결과 및 고찰
  - 1. 예비실험
  - 2. 인제거실험
  - 3. 질소제거실험
- IV. 결론
- V. 참고문헌

### 3.2.1.2. 석출된 철의 양이 유기물 제거율에 미치는 영향

인 제거를 위하여 활성 슬러지 반응조에 철 전기분해를 적용한 결과 석출된 철은 활성슬러지와 혼합되어 유기물질 제거효율에 영향을 미칠 것으로 예상되어 각 Group 별 운전된 반응조들의 유기물질 제거효율과 투여된 철봉의 유효면적과의 관계를 분석하였다. 각 Group 별 반응조들의 운전결과는 표 3.4에 나타내었다.

Group No.1에서 활성슬러지 반응조의 수리학적 체류시간(HRT)과 고형물 체류시간(SRT)의 운전조건은

12시간, 3일로 하였으며, 유입수의 평균 TCOD와 NH<sub>3</sub>-N의 농도는 약 579mg/l와 68mg/l였다. 석출된 철의 영향으로 반응조 No.1, No.2 및 No.3의 평균 MLSS 농도는 각각 3,219mg/l, 2,643mg/l, 2,183mg/l로 유지되었고, 이때 MLVSS/MLSS는 약 0.48~0.54 정도였다. 반응조내 철의 평균 농도는 반응조에 따라 22~53mgFe/l 범위에 있었다.

표 3.4. Test results of COD removal efficiency with the various effective surface area of iron bar in the activated sludge.

Parameter	Group No.1				Group No.2				Group No.3			
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.1	No.2	No.3	No.4	No.1	No.2	No.3	No.4
Effective surface area of iron, cm <sup>2</sup>	300	180	90	-	35	35	35	-	15	15	15	-
SCOD Loading, kg/m <sup>2</sup> -d	0.3	0.3	0.3	0.3	1.69	1.69	1.69	1.69	0.72	0.72	0.72	0.72
CODcr, mg/l	Influent TCOD	579	579	579	579	561	561	561	561	619	619	619
	Influent SCOD	149	149	149	149	563	563	563	563	239	239	239
	Effluent SCOD	45	50	52	58	79	88	85	121	45	44	42
	TCOD RE (%)	92	91	91	90	91	90	90	87	93	93	93
F/ML(COD/kgMLVSS)	0.76	0.87	0.98	1.08	1.03	1.13	1.03	1.69	1.47	1.11	0.96	1.13
Total Fe, mg/l	52.9	30.5	22.1	-	83	96	131	-	59	60	74	-
OCR, mgO <sub>2</sub> /mgVSS-hr	0.024	0.025	0.033	0.036	0.014	0.013	0.018	0.02	0.022	0.019	0.015	0.018
MLVSS, mg/l	1529	1337	1186	1072	2766	2515	2782	1691	2043	1781	1930	1697
MLSS, mg/l	3219	2643	2183	1377	3884	3668	6230	2668	4720	4173	4460	2222
mgVSS/mgMLSS Ratio	0.48	0.51	0.54	0.78	0.46	0.44	0.44	0.82	0.43	0.43	0.43	0.76
SVI, ml/l	60	64	160	257	41	37	40	377	17	15	70	306
HRT, hrs(SRT, day)	12(3)	12(3)	12(3)	12(3)	8(6)	8(6)	8(6)	8(6)	8(6)	8(6)	8(6)	8(6)

반면에, 철봉을 투입하지 않은 대조 반응조 No.4에서는 MLSS 농도가 1,377mg/l로 매우 낮게 유지되었고, 이때 MLVSS/MLSS비가 0.78이었다.

운전기간중 F/M비는 철봉을 투입한 반응조 No.1, No.2 및 No.3에서 각각 0.76, 0.87, 0.98kgCOD/kgMLVSS-day였고, 철봉을 투입하지 않은 대조 반응조에서는 1.08kgCOD/kgMLVSS-day이었다. 대조 반응조의 F/M비가 높게 유지된 원인은 활성슬러지의 침강성이 매우 불량하여 침전지로 부터 슬러지가 처리수와 함께 유출되어 MLSS 농도가 낮은 상태에서 반응조가 운전되었기 때문이다.

Group No.1의 총유기물(TCOD)의 평균 제거율은 그림 3.11에서 처럼 철봉을 투입하지 않은 반응조에서 약 90% 이상을 보여주었고, 철봉을 투입한 반응조에서도 91~92% 이상의 제거율을 보여주었다.

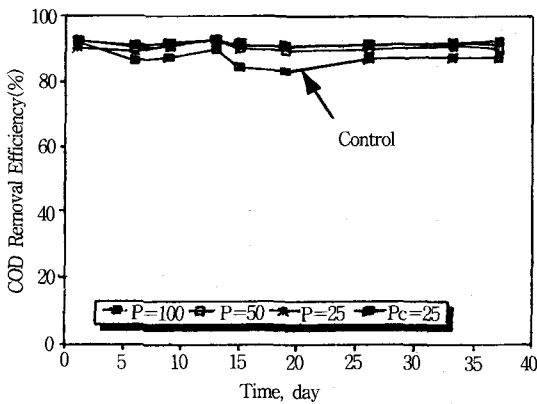


그림 3.11. Variations of COD removal efficiency with time and various P loading to iron bar of the effective surface area of 35cm<sup>2</sup>

이것은 철봉을 투입한 반응조에서 석출된 철산화물의 작용에 의해 유기물 제거율이 전혀 영향을 받지 않을 뿐 아니라 오히려 증가될 수도 있음을 보여주었다(F=10.10; df=3,82; p<0.05).

철봉을 투입한 반응조의 처리수내 용해성 유기물(SCOD) 농도는 반응조내 철의 농도가 약 180mg/l까지 증가된 상태하에서도 대조군의 농도와 비슷하거나 낮게 유지되며, 폭기조내의 철염의 농도는 활성슬러지의 기질제거율에 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다(McKinney, E., Cater, J., L., ASCE, 1973).

활성미생물에 의한 산소섭취율의 평균값(OUR)은 철봉을 투입한 Group No.1중 반응조 No.1~No.3에서 0.024~0.033mgO<sub>2</sub>/mgMLVSS/hr인 범위였고, 철봉을 투입하지 않은 반응조에서는 0.036mgO<sub>2</sub>/mgMLVSS-hr로 나타났다. 활성슬러지의 내성효율에 영향을 미치는 인자로는 활성슬러지의 활성도, F/M비, 내성호흡율 또는 용존 유기물질농도, 질산화 박테리아의 양 등이 있으며, 철봉을 투입한 반응도의 OUR 값이 철봉을 투입하지 않은 반응도보다 낮은 이유는 슬러지의 활성도가 비교적 낮거나, 슬러지 내부에 저장된 영양분의 양이 낮았기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 위의 OUR 값들은 일반 도시하수처리장 활성슬러지가 나타내는 범위에 속한다.

Group No.2에서 활성슬러지 반응조의 수리학적 체류시간(HRT)과 고형물 체류시간(SRT)의 운전조건은 8시간, 6일로 하였으며, 유입된 평균 TCOD와 NH<sub>3</sub>-N의 농도는 약 951mg/l와 103mg/l였다.

석출된 철의 영향으로 반응조 No.1, No.2 및 No.3의 평균 MLSS 농도는 각각 2,766mg/l, 2,515mg/l, 2,782mg/l로 유지되었고, 이때 MLVSS/MLSS 비는 약 0.46~0.44 정도였다.

철의 평균 농도는 반응조에 따라 83~131mgFe/l 범위에 있었다. 반면에 철봉을 투입하지 않은 대조 반응조 No.4에서는 석출된 철의 영향이 없었기 때문에 MLSS 농도가 1,691mg/l로 매우 낮게 유지되었고, 이때 MLVSS/MLSS 비가 0.82로 높았다.

운전기간중 F/M비는 철봉을 투입한 반응조 No.1, No.2 및 No.3에서 각각 1.03, 1.13, 1.03kgCOD/kgMLVSS-day였고, 철봉을 투입하지 않은 대조 반응조에서는 1.69kgCOD/kgMLVSS-day이었다.

Group No.2의 총유기물(TCOD)의 평균 제거율은 철봉을 투입하지 않은 반응조에서 약 87% 이상을 보여주었고, 철봉을 투입한 반응조에서도 91~98% 이상의 제거율을 보여주었다. 이때 철봉을 투입한 반응조에서 용해성 유기물(SCOD)의 처리수 농도는 철의 총농도가 약 83~131mgFe/l인 범위에서 약 79~85mgSCOD/l로 유지되어 대조 반응조의 121mgSCOD/l 농도보다 낮았다.

이것은 활성 미생물에 의한 기질제거율이 철봉에서 석출된 철산화물의 작용에 의해 오히려 증가될 수 있다는 것을 보여주었다.

활성미생물에 의한 산소섭취율의 평균값(OUR)은 철봉을 투입한 Group No.2중 반응조 No.1~No.3에서 0.014~0.018mgO<sub>2</sub>/mgMLVSS-hr인 범위였고, 철봉을 투입하지 않은 반응조에서는 0.02mgO<sub>2</sub>/mgMLVSS-hr로 나타났다.

이때 철봉을 투입한 폭기조에서 혼합액중 원생동물(Protozoa)이 과잉증식되는 것이 관찰되어 석출된 철염이 미생물의 활성도가 크게 영향을 미치지 않음을 보여 주었다. 대부분의 원생동물은 호기성이며 크기가 100μm 이내로써 박테리아 보다 크고 먹이연쇄(food chain)에서 중요한 중간단계를 이루고 있다. 일반적으로 오·폐수중 유기물이 많으면 박테리아가 먼저 급격히 증가하게 되고, 박테리아가 증가하게 되면 이를 먹이로 하는 원생동물이 빠르게 성장하게 된다. 일반적으로 박테리아가 많이 성장한 상태는 오·폐수내에 있던 유기물질이 사실상 많이 제거되어 있는 상태이다. 또한 원생동물은 호기성 상태에서 박테리아 보다 성장속도가 매우 길기 때문에 과잉 증식된 미생물이 발견되면 이미 오래전에 안정된 처리상태를 유지하였다고 볼 수 있다. 반응조에 서식하고 있는 원생동물은 그림 3.12에 나타내었다.

이러한 결과는 석출된 철의 농도가 약 100mg/l 정도까지 증가된 상태에서도 미생물의 활성도와 산소섭취율이 대조 반응조에 비해 크게 제약을 받지 않았기 때문에 활성미생물에 의한 용해성 유기물의 제거율이 양호한 상태를 보여준다.

Group No.3에서 활성슬러지 반응조의 수리학적 체



그림 3.12. Photograph of Protozoa spp. in activated sludge(x 300)

류시간(HRT)과 고형물 체류시간(SRT)의 운전조건은 8시간, 6일로 하였으며, 유입된 평균 TCOD와 NH<sub>3</sub>-N의 농도는 약 619mg/l과 61mg/l였다.

석출된 철의 농도는 반응조 No.1, No.2 및 No.3에서 각각 59mgFe/l, 60mgFe/l, 74mgFe/l였으며, 이러한 철농도의 영향으로 반응조내 평균 MLSS 농도는 각각 2,043mg/l, 1,781mg/l, 1,930mg/l로 유지되어 MLVSS/MLSS 비가 낮은 약 0.43 정도의 상태로 운전되었다. 반면에 철봉을 투입하지 않은 대조 반응조 No.4에서는 무기물의 증가요인이 없었기 때문에 MLVSS/MLSS 비가 일반적인 활성슬러지와 유사한 약 0.76으로 유지되었고 이때의 평균 MLSS 농도는 1,697mg/l였다.

운전기간중 F/M 비는 철봉을 투입한 반응조 No.1, No.2 및 No.3에서 각각 1.47, 1.11, 0.86kgCOD/kgMLVSS-day였고, 철봉을 투입하지 않은 대조 반응조에서는 1.13kgCOD/kg MLVSS-day이었다.

Group No.3의 용해성 유기물(TCOD)의 평균 제거율은 그림 3.13에서 처럼 철봉을 투입한 반응조에서는 철봉에서 석출된 철산화물의 농도에 관계없이 처리수의 용해성 유기물 농도가 거의 일정한 상태로 93% 이상의 제거율을 보여주었다(F=16.89; df=3,32; p<0.05; F=4.72; df=3,40; p<0.05).

반면에 철봉을 투입하지 않은 반응조에서 슬러지의 bulking 현상으로 인하여 운전 17일 이후에 일시적으로 처리수의 용해성 유기물(SCOD) 농도가 매우 불안정한 값을 보여주어 90%의 효율을 보여주었다.

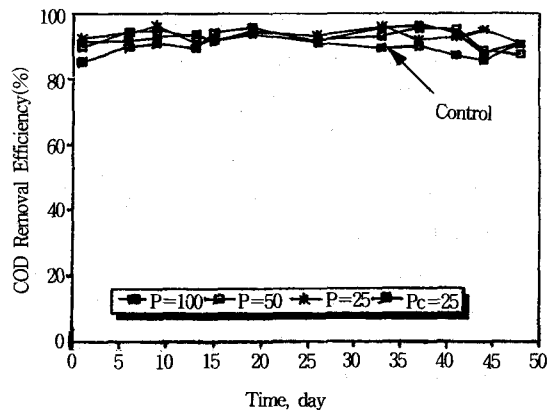


그림 3.13. Variations of TCOD removal efficiency with time and various P loading to iron bar of effective surface area of 15cm<sup>2</sup>

Group No.1~No.2 실험결과와 같이 철봉을 투입한 반응조에서 처리수의 용해성 유기물(SCOD)의 농도는 철의 총농도가 약 59~74mgFe/l 인 범위에서 약 42~44mgSCOD/l로 유지되어 대조 반응조의 62mg SCOD/l 농도보다 양호하였기 때문에 활성미생물에 의한 기질제거율이 철봉에서 석출된 철산화물에 의해 증가된 것을 보여주었다.

Group No.1, No.2, No.3 반응조 운전결과, 반응조내 철의 농도가 22~131mg/l로 유지되고 유기물 부하가 0.76~1.47mgCOD/gMLVSS인 경우에도 약 90% 이상의 유기물 제거효율을 얻을 수 있어 철염은 미생물의 활성화와 기질제거에 전혀 영향을 미치지 못하고 오히려 복돋아주는 것으로 판단된다.

### 3.2.1.3. 질산화효율

인 제거를 목적으로 활성슬러지 반응조내에 석출시킨 철이 활성슬러지와 혼합되어 NH<sub>3</sub>-N의 질산화 효율에 영향을 미칠 것으로 예상되어 투입된 철봉의 유효표면적과 유기물질의 관계를 알아보기 위한 실험을 실시하였다. 실험 결과는 표 3.5과 같이 나타났다. Group No.1에서 반응조의 수리학적 체류시간(HRT)과 고히물 체류시간(SRT)의 운전조건은 12시간, 3일로 하였으며, 유입된 TCOD/NH<sub>3</sub>-N비와 NH<sub>3</sub>-N의 농도가 각각 약 9와 68mg/l였고, 반응조에 유입된 NH<sub>3</sub>-N 용적부하량은 약 0.14NH<sub>3</sub>-N/m<sup>3</sup>-day였다. 반응조에 투입된 철봉에서 석출된 철의 평균 총농도는 22~53mgFe/l였다. 이러한 철농도의 영향은 반응조의 평균 MLSS 농도를 2,183~3,219mg/l로 유지하여 MLVSS/MLSS 비를 약 0.48~0.54로 낮게 운전되게 하였다.

Group No.1 반응조에서 용해성 암모니아성 질소의 평균 제거율은 철봉을 투입한 반응조에서 72~81%의 제거율을 보여주었고, 철봉을 투입하지 않은 반응조에서 68%로 나타났다(F=4.32; df=3,82; p<0.05). Group No.1 반응조의 고히물질 체류시간을 3일로 유지하였지만 암모니아 질소의 제거율이 높은 이유는 유입 유기물 질과 활성슬러지 농도가 일정하게 유지되었고, 질산화 박테리아가 성장하기 좋은 pH, 온도 등을 일정하게 유지시켜 주었기 때문인 것으로 판단된다.

철봉을 투입한 반응조에서 용해성 암모니아(NH<sub>3</sub>-N)의 농도는 철의 총농도가 약 22~53mgFe/l 인 범위에서 약 13~19mgNH<sub>3</sub>-N/l로 유지되어 대조 반응

조의 NH<sub>3</sub>-N 농도 22mgNH<sub>3</sub>-N/l 보다 낮게 나타났다.

이때 대조 반응조의 암모니아성 질소의 제거율이 낮은 원인은 유입농도가 매우 높은 상태에서 철을 투입한 반응조 보다 슬러지의 침강성이 불량하여 처리수중 부유물질(TSS)의 농도가 높은 상태로 유출되어 반응조내 활성미생물의 농도가 낮은 상태로 유지되었기 때문이다.

Group No.1 반응조에서 유입수의 평균 총알카리도 농도는 250mg/l CaCO<sub>3</sub>였고 철의 투입한 반응조의 처리수 총알카리도 농도는 70~93mg/l CaCO<sub>3</sub> 범위를 보여주어 평균 63~73%의 제거율을 나타냈다.

반면에, 철을 투입하지 않은 반응조의 처리수 알카리도 농도는 100mg/l CaCO<sub>3</sub>로 약 60%의 제거율을 보여주었다.

이러한 결과는 대조 반응조에서는 질산화 박테리아에 의한 용해성 암모니아의 질산화율이 철을 투입한 반응조보다 낮게 진행되었기 때문이다.

표 3.5. Test results of NH<sub>3</sub>-N oxidation with the various effective surface area of iron bar in activated sludge reactor.

Parameter	Group No.1				Group No.2				Group No.3				
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.1	No.2	No.3	No.4	No.1	No.2	No.3	No.4	
Effective surface area of iron, cm <sup>2</sup>	360	180	90	-	35	35	35	-	15	15	15	-	
NH <sub>3</sub> -N Loading, kg/m <sup>3</sup> -d	0.14	0.14	0.14	0.14	0.31	0.31	0.31	0.31	0.18	0.18	0.18	0.18	
NH <sub>3</sub> -N mg/l	Influent	68	68	68	68	103	103	103	103	61	61	61	61
	Effluent	19	13	19	22	2	3	10	58	1	1	1	5
	R.E.(%)	72	81	72	68	98	97	90	44	98	98	98	92
F/M(kgCOD/kgMLVSS)	0.76	0.87	0.98	1.08	1.03	1.13	1.03	1.68	1.47	1.11	0.86	1.13	
Total Fe, mg/l	329	395	221	-	83	96	131	-	59	60	74	-	
MLSS, mg/l	3219	2643	2183	1377	5884	5688	6250	2058	4720	4173	4490	2222	
mgVSS/mgMLSS Ratio	0.48	0.51	0.54	0.78	0.46	0.44	0.44	0.82	0.43	0.43	0.43	0.76	
HRT, hr(SRT, day)	12(3)	12(3)	12(3)	12(3)	8(6)	8(6)	8(6)	8(6)	8(6)	8(6)	8(6)	8(6)	

Group No.2 반응조에 유입된 평균 TCOD/NH<sub>3</sub>-N 비와 NH<sub>3</sub>-N의 농도는 표 3.5에 나타난 바와 같이 각각 약 9와 103mg/l였고, 반응조에 유입된 NH<sub>3</sub>-N 용적부하량은 약 0.31kgNH<sub>3</sub>-N/m<sup>3</sup>-day로 높게 유지하였다. 철봉이 투입된 반응조들의 총 철농도는 평균 83~131mgFe/l였고, 산화철의 영향으로 반응조 No.1~No.3의 평균 MLSS 농도를 각각 2,515~2,782mg/l로 유지되었다. 반면에, 철봉을 투입하지 않은 대조 반

철을 투입하지 않은 대조 반응조의 질소 제거율이 낮은 원인은 MLSS 농도가 철봉을 투입한 반응조보다 매우 낮은 상태로 운전되었고, 무산소조 유입수중 NH<sub>3</sub>-N의 용적부하량이 0.14kgNH<sub>3</sub>-N/m<sup>3</sup>-day로 일반 활성슬러지 처리공정 보다 매우 높았고 고품물 체류시간이 6일로 유지되어 반응조내 질산화미생물의 양이 적게 유지되었기 때문이다.

응조 No.4에서는 MLSS 농도가 1,691mg/l로 매우 낮게 유지되었고, 이때 MLVSS/MLSS 비는 0.82로 높은 상태로 운전되었다.

Group No.2 반응조의 용해성 암모니아성 질소(NH<sub>3</sub>-N) 평균 제거율은 그림 3.14에서 처럼 철봉을 투입한 반응조에서는 각각 90~98%의 제거율을 보여주었고, 철봉을 투입하지 않은 대조 반응조에서는 44%의 효율을 보여주었다(F=866.50; df=3,32; p<0.01; F=11.83; df=3,40; p<0.01). 이때 처리수중 용해성 암모니아(NH<sub>3</sub>-N)와 질산성 질소의 평균농도는 철봉을 투입한

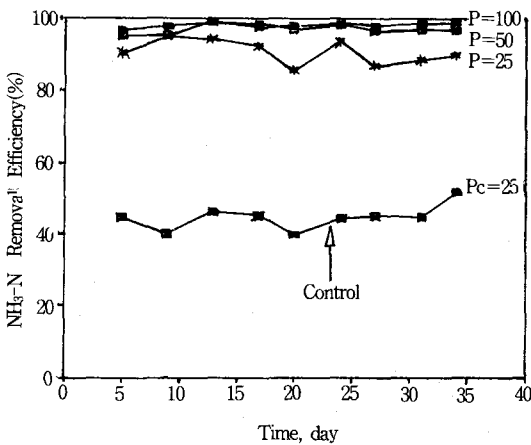


그림 3.14. Variations of soluble NH<sub>3</sub>-N removal efficiency with time and P loading to iron bar of 35cm<sup>2</sup> of effective surface area.

반응조에서 각각 약 2~10mgNH<sub>3</sub>-N/l와 45~46mg NO<sub>3</sub>-N/l의 농도범위로 유출되었고, 대조 반응조에서는 22mgNH<sub>3</sub>-N/l와 20mgNO<sub>3</sub>-N/l를 보여주었다.

철을 투입하지 않은 대조 반응조의 질소 제거율이 낮은 원인은 MLSS 농도가 철봉을 투입한 반응조보다 매우 낮은 상태로 운전되었고, 무산소조 유입수중 NH<sub>3</sub>-N의 용적부하량이 0.14kgNH<sub>3</sub>-N/m<sup>3</sup>-day로 일반 활성슬러지 처리공정 보다 매우 높았고 고품물 체류시간이 6일로 유지되어 반응조내 질산화미생물의 양이 적게 유지되었기 때문이다.

일반적으로 생물학적 질산화과정에서 Nitrosomonas와 Nitrobacter균에 의한 용해성 암모니아의 총산화 등식은 다음과 같이 나타낸다(EPA, 1975).



이와 같은 반응은 암모니아성 질소의 산화에 의하여 수소이온(H<sup>+</sup>)이 생성되어 알칼리도를 감소시키는 것을 나타낸다.

이러한 반응은 미생물의 세포합성을 고려하지 않은 상태에서 암모니아성 질소 1mg을 산화하는데 탄산칼슘(CaCO<sub>3</sub>)로서의 이론적 알칼리도 감소량은 약 7.14mg으로 계산된다(Benninger, R.W., and Sherrard, J.H., 1978). 질산화과정에서 수소이온(H<sup>+</sup>)의 농도는 증가하기 때문에 반응조의 pH는 이론적으로 감소함을 보여준다(Sherrard, J.H., 1976; Hutton, W.C., Larocca, S.A., 1975). 일반적으로 순수한 정제수에 투입한 철봉 표면에서 석출된 FeO·nH<sub>2</sub>O 또는 Fe(OH)<sub>3</sub> 등의 철산화물이 수용액에 과포화 상태로 용해되면 수용액의 pH는 약 9.5 정도가 된다. 그러나 활성슬러지 공정중 질산화 과정에 의해 pH의 상승을 억제시켰기 때문에 활성슬러지의 성장조건을 양호하게 유지할 수 있었다.

이것은 평균 pH 7.3인 오·폐수의 유입원수가 철봉에서 석출된 철산화물에 의한 알칼리화 작용과 질산화 박테리아에 의한 산성화 반응이 진행된 결과, 처리수의 pH가 7.5~7.7 범위로 나타나 질산화반응이 활발하게 진행되었음을 보여준다. 반면에 철봉을 투입하지 않은 대조 반응조 No.4에서 철산화물에 의한 pH의 상승작용이 없이 처리수의 pH가 7.4로 나타나 질산화작용이 보다 활발하지 못했음을 판단할 수 있었다.

Group No.3 반응조에 유입된 TCOD/NH<sub>3</sub>-N 비와

NH<sub>3</sub>-N의 농도는 각각 약 10과 61mg/l였고, 유입된 NH<sub>3</sub>-N 용적부하량은 약 0.18kgNH<sub>3</sub>-N/m<sup>3</sup>-day로 높게 유지하였다. 석출된 철의 총농도는 59~74mgFe/l의 범위였고, 이러한 산화철의 영향으로 반응조 No.1~No.3의 평균 MLSS 농도는 대조 반응조 보다 높게 유지되어 1,781~2,043mg/l로 운전되었고, 이때 MLVSS/MLSS 비는 약 0.43으로 낮았다.

Group No.3 반응조의 용해성 암모니아성 질소(NH<sub>3</sub>-N) 평균 제거율은 철분을 투입한 반응조에서는 98%의 제거율을 보여주었고, 철분을 투입하지 않은 대조 반응조에서 92%의 효율을 보여주었다.

유입수중 암모니아성 질소의 농도가 61mg/l인 조건에서 처리수중 NO<sub>2</sub>-N와 NO<sub>3</sub>-N의 평균 농도는 철을 투입한 반응조에서 각각 4~6mgNO<sub>2</sub>-N/l와 28~33mgNO<sub>3</sub>-N/l였고, 철을 투입하지 않은 대조 반응조

에서는 각각 7mgNO<sub>2</sub>-N/l와 18mgNO<sub>3</sub>-N/l로 나타났다.

NH<sub>3</sub>-N의 제거효율이 Group No.1~No.2의 실험결과 보다 높게 나타난 원인은 유입수중 용해성 암모니아 농도가 낮았고, Group No.1과 No.2에 비하여 실험기간이 겨울철에 운전되어 반응조의 수온을 온도조절장치(thermo-controller)를 이용하여 약 20±1℃ 정도로 일정하게 유지하여 질산화 박테리아의 성장조건을 양호하게 유지하였기 때문이다.

Group No.1, No.2, No.3 반응조 운전결과, 반응조내 철의 농도가 22~131mg/l로 유지되고 용해성 NH<sub>3</sub>-N 부하가 0.14~0.31kgNH<sub>3</sub>-N/m<sup>3</sup>-day인 경우에도 약 72~98% 정도의 용해성 암모니아 제거효율을 얻을 수 있어 산화물은 질산화 미생물의 활성화에 전혀 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

1997년도

## 기술계(환경관리) 국가기술자격검정 시행일정

### • 기 사

종 목	회 별	원 서 접 수	필기시험	필기시험 합격예정자 발표(예정)	· 필기시험 면제자 원서접수 · 응시자격 서류제출 및 필기시험 합격자 결정 · 실기시험 실바납부	실 기 시험	합 격 자 발 표 (예 정)
대기·수질·폐기물 (1, 2급)	제1회	필기시험 면제자 검정			1월 6일~1월 9일	1월 26일~2월 1일	3월 3일
소음·진동 (1, 2급)	제2회	3월 3일~3월 5일	3월 23일	4월 7일	4월 7일~4월 10일	4월 27일~5월 3일	6월 2일
대기(1, 2급)	제3회	3월 10일~3월 12일	3월 30일	4월 21일	4월 21일~4월 24일	5월 11일~5월 17일	6월 9일
수질·폐기물 (1, 2급)	제4회	5월 6일~5월 8일	5월 25일	6월 9일	6월 9일~6월 12일	6월 29일~7월 5일	8월 4일
소음·진동 (1, 2급)	제5회	6월 30일~7월 2일	7월 20일	8월 4일	8월 4일~8월 7일	8월 24일~8월 30일	9월 29일
대기·수질 (1, 2급)	제6회	8월 18일~8월 20일	9월 7일	9월 29일	9월 29일~10월 2일	10월 19일~10월 25일	11월 24일
폐 기 물 (1, 2급)	제7회	9월 22일~9월 24일	10월 12일	10월 27일	10월 27일~10월 30일	11월 16일~11월 22일	12월 22일