

총유기탄소(TOC)

금속가공제품 제조업종의 폐수처리시설 운영 안내서

2023



한국환경공단



↑ 산업폐수관리 기술지원
소개영상 바로가기

- 목 차 -

| | |
|--------------------------------------|----|
| 1. 개요 | 1 |
| 1) 목적 | 1 |
| 2) 배경 및 필요성 | 1 |
| 3) 관련법령 | 2 |
| 4) 수질기준 | 5 |
| 2. 금속가공제품 제조업종 현황 및 분류 | 6 |
| 1) 금속가공제품 제조업종 폐수배출시설 현황 | 6 |
| 2) 금속가공제품 제조업종 분류 | 7 |
| 3. 금속가공제품 제조업종 현황 | 8 |
| 1) 연마공정을 운영하는 시설 현황 | 8 |
| 2) 연마공정을 운영하지 않는 시설 현황 | 9 |
| 3) 인쇄회로기판 제조시설 현황 | 10 |
| 4. 금속가공제품 제조업종의 폐수처리공정 검토 및 제안 | 12 |
| 1) 폐수처리공정 검토 | 12 |
| 5. 폐수처리 단위공정별 점검 및 관리방안 | 15 |
| 1) 생물학적 처리시설 | 15 |
| 2) 응집침전(부상) 시설 | 26 |
| 3) 여과시설 | 31 |
| 4) 활성탄 흡착시설 | 34 |

[붙 임]

| | |
|-------------------------------|----|
| [붙임 1] 변경허가, 신고 등 관련 서식 | 38 |
| [붙임 2] 응집실험(Jar-Test) | 44 |
| [붙임 3] 활성탄 흡착실험 | 47 |

- 표 목 차 -

| | |
|---|----|
| <표 1> 항목별 배출허용기준 | 5 |
| <표 2> 배출규모별 사업장 개소수 | 6 |
| <표 3> 배출형태별 사업장 개소수 | 6 |
| <표 4> 기술지원 사업장 중 형태에 따른 사업장 개소수 | 7 |
| <표 5> 연마공정을 운영하는 시설 유입수 현황 | 8 |
| <표 6> 연마공정을 운영하는 시설 처리형태별 평균 TOC 처리효율 | 9 |
| <표 7> 연마공정을 운영하지 않는 시설 유입수 현황 | 9 |
| <표 8> 연마공정을 운영하지 않는 시설 처리형태별 평균 TOC 처리효율 | 10 |
| <표 9> 인쇄회로기판 제조시설 유입수 현황 | 10 |
| <표 10> 인쇄회로기판 제조시설 처리형태별 평균 TOC 처리효율 | 11 |
| <표 11> 유입폐수 분석결과 검토 예시 | 12 |
| <표 12> 유입폐수 성상에 따른 처리시설 구성 | 13 |
| <표 13> 표준활성슬러지 계량 공정별 설계 및 운영인자(공공폐수처리시설 설계지침,2017) | 17 |
| <표 14> 표준활성슬러지 공법 | 17 |
| <표 15> 산화구 공법 | 18 |
| <표 16> MLE 공법 | 18 |
| <표 17> 바덴포 4단 공법 | 19 |
| <표 18> A/O 공법 | 20 |
| <표 19> 포스트립 공법 | 20 |
| <표 20> A2/O 공법 | 21 |
| <표 21> 바덴포 5단 공법 | 22 |
| <표 22> 생물학적 처리공정 정상 가동 상태 | 23 |
| <표 23> 생물학적 처리공정 비정상 가동 상태 | 23 |
| <표 24> 응집공정 정상 가동 상태 | 27 |
| <표 25> 응집공정 비정상 가동 상태 | 27 |
| <표 26> 응집제의 종류 및 특징 | 28 |
| <표 27> 여과공정 정상가동 상태 | 32 |
| <표 28> 여과공정 비정상 가동 상태 | 32 |
| <표 29> 활성탄 흡착시설 정상가동 상태 | 35 |
| <표 30> 활성탄 흡착시설 비정상 가동 상태 | 35 |

- 그림 목 차 -

| | |
|-----------------------------------|----|
| <그림 1> 생물학적 처리공정 처리효율 점검 방법 | 22 |
| <그림 2> 응집공정 처리효율 점검 방법 | 26 |
| <그림 3> 응집물 형성 과정 | 29 |
| <그림 4> 회분식 응집처리시설 | 30 |
| <그림 5> 연속식 응집처리시설 | 30 |
| <그림 6> 여과시설 | 31 |
| <그림 7> 여과시설 처리효율 점검 방법 | 31 |
| <그림 8> 활성탄 흡착시설 | 34 |
| <그림 9> 활성탄 흡착시설 처리효율 점검 방법 | 34 |

금속 가공업종의 폐수처리시설 운영 안내서

1. 개요

1) 목적

- 배출허용기준의 COD 항목은 TOC로 전환됨에 금속가공제품 제조시설의 안정적인 폐수처리시설 운영을 지원하고자 함
- 금속가공제품 제조시설의 폐수처리시설 기술지원 사례를 종합하여 유사한 폐수배출 공정 및 처리공정을 운영하는 사업장은 운영 안내서를 참고하여 자체적인 문제 해결이 가능할 것으로 기대됨

2) 배경 및 필요성

가. TOC 도입 배경

- 국내 산업이 고도화됨에 따라 폐수 중 난분해성 유기물질이 증가하고 그로 인해 요구되는 관리수단의 고도화 필요성, 분석의 신속·편리성이 강조됨에 따라서, 현재의 유기물질 지표 중 COD보다는 TOC 기준의 도입이 유리하다는 평가를 받음
- 폐수 중 난분해성 물질을 저감시키고 유기물질의 총량을 관리하기 위한 연구가 수행되었으며, 조사된 결과를 바탕으로 '13년 1월부터 수질 및 수생태계의 유기물질 환경기준과 공공수역의 유기물질 관리에 TOC 기준이 적용되기 시작함
- 2013년부터 공공수역에 TOC 기준이 적용됨에 따라 공공수역 내 설정된 TOC 목표 기준을 달성하기 위해 배출오염원별 TOC 규제기준의 도입을 추진함
- 이에 따라 산업폐수의 TOC를 포함한 유기물질 항목의 현황 파악과 폐수 관리를 위한 TOC 배출허용기준 및 방류수 수질기준 설정에 필요한 기초자료 확보를 위해 다수의 연구를 토대로 TOC 기준이 설정됨

나. 안내서 마련의 필요성

- 금속가공제품 제조시설의 폐수 배출규모는 대부분 4, 5종으로 소규모 사업장으로 별도의 환경관리인 없이 운영되고 있음
- TOC로 기준이 전환되었으나 현재 처리시설 운영 및 관리자는 TOC의 정의 및 도입배경, 폐수처리시설의 운영관리 방안에 대한 이해가 부족한 상황으로 폐수처리시설 운영에 대한 안내서 마련이 필요한 실정임

3) 관련법령

가. 물환경보전법

- ‘물환경보전법’ 하위법령이 2019년 10월 17일 개정되어 유기물질 측정지표가 COD(화학적산소요구량)에서 TOC(총유기탄소량)로 변경됨(물환경보전법 시행령 별표 7, 별표 8의 2 및 별표 14, 동법 시행규칙 별표 10, 별표 13 및 별표 20)
- 2020년 신규 폐수배출시설에 대해 TOC 배출허용기준 적용
- 기존시설 중 공공하·폐수처리시설은 1년의 유예기간 후인 2021년부터 적용되며, 기존 폐수배출시설은 2022년부터 적용

나. 배출시설 설치허가 및 신고

(1) 설치허가를 받아야하는 폐수배출시설

- 특정수질유해물질이 환경부령으로 정하는 기준 이상으로 배출되는 배출시설
- 특별대책지역에 설치하는 배출시설
- 환경부장관이 고시하는 배출시설 설치제한지역에 설치하는 배출시설
- 상수원보호구역 또는 그 경계구역으로부터 상류로 유하거리 10킬로미터 이내에 설치하는 배출시설
- 상수원보호구역으로 지정되지 아니한 지역 중 상수원 취수시설이 있는 지역의 경우에는 취수시설로부터 상류로 유하거리 15킬로미터 이내에 설치하는 배출시설
- 설치신고를 한 배출시설로서 원료·부원료·제조공법 등이 변경되어 특정수질 유해물질이 새로 발생 되는 배출시설

(2) 배출시설의 설치신고 대상

- 설치허가 대상 배출시설 외의 배출시설을 설치하는 경우
- 설치허가대상 배출시설 중 폐수를 전량 위탁처리 하는 경우로서 위탁받은 폐수를 처리하는 시설이 “특별대책 지역, 상수원 보호구역, 배출시설 설치제한지역, 상수원보호구역 상류 유하거리 10킬로미터 이내, 상수원 보호구역이 아닌 지역 중 취수시설이 있는 상류 유하거리 15킬로미터 이내”의 지역 밖 또는 구역 밖에 있는 경우
- 특별대책지역, 배출시설 설치제한지역, 상수원보호구역 상류 유하거리 10킬로미터 이내, 상수원보호구역이 아닌 지역 중 취수시설이 있는 상류 유하거리 15킬로미터 이내 지역에 있는 배출시설 중 특정수질유해물질이 환경부령으로 정하는 기준 이상으로 배출되지 아니하는 배출시설로서 배출되는 폐수를 전량 공공폐수처리시설 또는 공공하수처리시설에 유입시키는 경우

(3) 배출시설의 설치허가를 받은 자가 배출시설의 변경허가를 받아야 하는 경우

○ 변경허가 대상(시행령 제31조제3항)

- 폐수배출량이 허가 당시보다 100분의 50(특정수질유해물질이 환경부령으로 정하는 기준이상으로 배출되는 배출시설의 경우에는 100분의 30) 이상 또는 1일 700세제곱미터 이상 증가하는 경우
- 배출허용기준을 초과하는 새로운 수질오염물질이 발생되어 배출시설 또는 수질오염방지시설의 개선이 필요한 경우
- 허가를 받은 폐수무방류배출시설로서 폐수 중의 수질오염물질을 고체상태의 폐기물로 처리하는 방지시설에 대한 변경이 필요한 경우

○ 변경신고로 변경허가를 갈음하는 대상(시행령 제31조제4항, 시행규칙 제38조제1항제7호)

- 공동방지시설의 대표자 또는 공공폐수처리시설의 운영자와 폐수의 처리 및 그 비용 부담에 관한 협의를 한 경우
- 폐수처리능력 또는 처리용량을 초과하지 아니하는 범위에서 배출시설을 변경한 경우

(4) 폐수배출시설의 변경신고

- 폐수배출량이 신고 당시보다 100분의 50 이상 증가하는 경우(변경허가를 받아야 하는 경우는 제외)
- 폐수배출량이 증가하거나 감소하여 세차장의 종류(1~5종)가 변경되는 경우
- 폐수배출시설에서 새로운 수질오염물질이 배출되는 경우(변경허가를 받아야 하는 경우는 제외)
- 폐수배출시설에 설치된 수질오염방지시설의 폐수처리방법 및 처리공정을 변경하는 경우
- 수질오염방지시설을 설치하지 아니한 폐수배출시설에 수질오염방지시설을 새로 설치하는 경우
- 폐수배출시설 또는 수질오염방지시설의 일부를 폐쇄하는 경우
- 공동방지시설의 대표자 또는 공공폐수처리시설의 운영자와 폐수의 처리 및 그 비용 부담에 관한 협의를 한 사항을 변경하는 경우
- 폐수처리능력 또는 처리용량을 초과하지 아니하는 범위에서 배출시설을 변경한 사항을 변경하는 경우
- 사업장의 대표자나 명칭이 변경되는 경우
- 사업장의 소재지가 변경되는 경우(허가관청, 신고관청 및 폐수배출시설이 같고, 입지를 제한하는 규정을 위반하지 아니하는 경우에만 해당)
- 폐수배출시설이나 수질오염방지시설을 임대하는 경우
- 폐수처리업자 또는 환경부장관이 인정하여 고시하는 관계 전문기관에 환경부령으로 정하는 폐수를 전량 위탁처리하는 경우로서 폐수를 위탁받는 자를 변경하는 경우
- 폐수배출시설 또는 수질오염방지시설의 전부를 폐쇄하는 경우
- 위 사항 외에 허가증 또는 신고증명서에 적힌 허가사항이나 신고사항을 변경하는 경우

| 사전 신고 | 사후 신고 |
|---|--|
| <p>다음의 사항을 변경하려는 자는 특별시장·광역시장·특별자치시장·도지사·특별자치도지사(이하 “시·도지사”라 함)에게 변경신고해야 함(「물환경보전법」 제33조제2항 단서·제3항 및 「물환경보전법 시행규칙」 제38조제1항)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 폐수배출량이 신고 당시보다 100분의 50 이상 증가하는 경우(변경허가를 받아야 하는 경우는 제외) 2. 폐수배출량이 증가하거나 감소하여 사업장 종류가 변경되는 경우 3. 폐수배출시설에서 새로운 수질오염물질이 배출되는 경우(변경허가를 받아야 하는 경우 제외) 4. 폐수배출시설에 설치된 수질오염방지시설의 폐수처리방법 및 처리공정을 변경하는 경우 5. 수질오염방지시설을 설치하지 않은 폐수배출시설에 수질오염방지시설을 새로 설치하는 경우 6. 폐수배출시설 또는 수질오염방지시설의 일부를 폐쇄하는 경우 7. 변경신고로 변경허가를 갈음할 수 있는 경우에 변경신고의 사항을 변경하는 경우 <p>다음에 모두 해당하는 경우에는 변경신고로 변경허가를 갈음(「물환경보전법 시행령」 제31조제4항)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 폐수처리능력 또는 처리용량을 초과하지 않는 범위에서 배출시설을 변경하는 경우 | <p>다음의 사항을 변경한 자는 시·도지사에게 변경한 날부터 해당 기간 내에 변경신고해야 함 (「물환경보전법」 제33조제2항 단서·제3항, 「물환경보전법 시행규칙」 제38조제2항 및 제3항 단서)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 사업장의 대표자나 명칭이 변경되는 경우 : 2개월 2. 사업장의 소재지가 변경되는 경우(허가관청, 신고관청 및 폐수배출시설이 같고 입지를 제한하는 규정을 위반하지 않는 경우로 한정) : 30일 3. 폐수배출시설이나 수질오염방지시설을 임대하는 경우 : 30일 4. 폐수처리업의 등록을 한 자에게 폐수를 전량 위탁 처리하는 경우 폐수를 위탁받는 자를 변경하는 경우 : 30일 5. 폐수배출시설 또는 수질오염방지시설의 전부를 폐쇄하는 경우 : 30일 6. 사전(事前) 신고 사항 ①부터 ④까지 외에 허가증 또는 신고증명서에 적힌 허가사항이나 신고사항을 변경하는 경우(사업장 종류를 변경하지 않는 범위에서 폐수배출량을 변경하는 경우 및 폐수배출 공정흐름도를 변경하는 경우는 제외) : 30일 |

다. 행정처분 및 벌칙 등

(1) 허가의 취소 등

- 물환경보전법 제32조제1항에 따른 배출허용기준을 초과한 경우
- 거짓이나 그 밖의 부정한 방법으로 제33조제1항부터 제3항까지의 규정에 따른 허가·변경허가를 받았거나 신고·변경신고를 한 경우
- 제33조제1항에 따른 허가를 받거나 신고를 한 후 특별한 사유 없이 5년 이내에 배출시설 또는 방지시설을 설치하지 아니하거나 배출시설의 멸실 또는 폐업이 확인된 경우
- 제33조제2항에 따른 변경허가를 받지 아니한 경우

(2) 행정처분

- 물환경보전법 제71조(행정처분의 기준) 이 법 또는 이 법에 따른 명령을 위반한 행위에 대한 행정처분의 기준은 환경부령으로 정함

(3) 벌칙

- 물환경보전법 제75조(벌칙)에 따라 제33조제1항 또는 제2항에 따른 허가 또는 변경허가를 받지 아니하거나 거짓으로 허가 또는 변경허가를 받아 배출시설을 설치 또는 변경하거나 그 배출시설을 이용하여 조업한 자는 7년 이하의 징역 또는 7천만원 이하의 벌금에 처함
- 물환경보전법 제76조(벌칙)에 따라 제33조제1항에 따른 신고를 하지 아니하거나 거짓으로 신고를 하고 배출시설을 설치하거나 그 배출시설을 이용하여 조업한 자는 5년 이하의 징역 또는 5천만원 이하의 벌금에 처함

(4) 과태료

- 물환경보전법 제82조(과태료)에 따라 제38조제3항을 위반하여 배출시설 등의 운영상황에 관한 기록을 보존하지 아니하거나 거짓으로 기록한 자는 300만원 이하의 과태료를 부과함
- 제33조제2항 단서 또는 같은 조 제3항에 따른 변경신고를 하지 아니한 자는 100만원 이하의 과태료를 부과함

4) 수질기준

- 폐수배출시설의 배출허용기준은 폐수배출량에 따라 차등 적용되며, 배출지역에 따라 기준이 차등 적용되고 있으며, 공공하수처리시설로 연계처리하는 경우에는 나지역 기준을 적용하며, 공공폐수처리시설로 연계처리하는 경우에는 별도의 기준을 적용받음

<표 1> 항목별 배출허용기준

| 대상 규모 | 1일 폐수배출량 2천 세제곱미터이상 | | | 1일 폐수배출량 2천 세제곱미터미만 | | |
|-------|------------------------|-----------|----------|------------------------|-----------|----------|
| | BOD(mg/L) | TOC(mg/L) | SS(mg/L) | BOD(mg/L) | TOC(mg/L) | SS(mg/L) |
| 청정지역 | 30 이하 | 25 이하 | 30 이하 | 40 이하 | 30 이하 | 40 이하 |
| 가지역 | 60 이하 | 40 이하 | 60 이하 | 80 이하 | 50 이하 | 80 이하 |
| 나지역 | 80 이하 | 50 이하 | 80 이하 | 120 이하 | 75 이하 | 120 이하 |
| 특례지역 | 30 이하 | 25 이하 | 30 이하 | 30 이하 | 25 이하 | 30 이하 |

2. 금속가공제품 제조업종 현황 및 분류

1) 금속가공제품 제조업종 폐수배출시설 현황

가. 배출규모별 사업장 개소수

- 환경부의 전국수질오염원조사 자료(WEMS, 2021)에 따른 금속가공제품 제조시설에 해당되는 사업장은 총 7,948개소이며, 사업장 규모는 1종 15개소, 2종이 19개소, 3종이 74개소, 4종이 240개소, 5종이 7,600개소로 대부분 5종 사업장으로 확인됨
- TOC 기술지원 사업장 중 금속가공제품 제조시설에 해당되는 사업장은 총 12개소이며, 사업장 규모는 2종 1개소, 3종 2개소, 4종 2개소, 5종 7개소로 기술지원을 실시함

<표 2> 배출규모별 사업장 개소수

| 구분(개소수) | 1종 | 2종 | 3종 | 4종 | 5종 |
|------------|----|----|----|-----|-------|
| WEMS(2021) | 15 | 19 | 74 | 240 | 7,600 |
| TOC 기술지원 | - | 1 | 2 | 2 | 7 |

나. 배출형태별 사업장 개소수

- 전국 수질오염원 조사 자료(WEMS, 2021)에 따른 배출형태별 사업장 수는 직접방류 282개소, 간접방류 848개소, 전량 재이용 1,742개소, 전량위탁 5,026개소, 기타 50개소로 확인됨
- TOC 기술지원 사업장의 배출형태별 사업장 수는 직접방류 4개소, 간접방류 8개소로 확인됨

<표 3> 배출형태별 사업장 개소수

| 구분(개소수) | 직접방류 | 간접방류 | 전량재이용 | 전량위탁 | 기타 |
|------------|------|------|-------|-------|----|
| WEMS(2021) | 282 | 848 | 1,742 | 5,026 | 50 |
| TOC 기술지원 | 4 | 8 | - | - | - |

2) 금속가공제품 제조업종 분류

- TOC 기술지원 사업장 중 금속가공제품 제조시설에 해당하는 사업장 수는 12개소이며, 금속가공제품 제조시설은 폐수배출공정 및 생산품에 따라 크게 연마공정을 운영하는 시설, 연마공정을 운영하지 않는 시설과 인쇄회로기판을 생산하는 시설로 구분할 수 있음

<표 4> 기술지원 사업장 중 형태에 따른 사업장 개소수

| 구분 | 연마공정 운영 시설 | 연마공정을 운영하지 않는 시설 | 인쇄회로기판을 생산하는 시설 |
|-----|------------|------------------|-----------------|
| 개소수 | 4 | 7 | 1 |

가. 연마공정을 운영하는 시설

- 연마공정을 운영하는 시설은 주로 연마된 장신구, 기타 부품 등을 생산하는 과정 중 연마 및 세척 등의 공정에서 폐수가 발생함
- 기술지원을 수행한 사업장 중 연마공정을 운영하는 시설에 해당하는 사업장은 4개소로 확인됨

나. 연마공정을 운영하지 않는 시설

- 연마공정을 운영하지 않는 시설은 주로 금속부품 제조시설로, 자동차 부품, 에어컨 부품 및 금속 관 등을 제조하는 과정에서 세척 및 산처리, 도장 등의 공정에서 폐수가 발생함
- 연마공정을 운영하지 않는 시설에 해당하는 사업장은 7개소로 확인됨

다. 인쇄회로기판을 생산하는 시설

- 인쇄회로기판을 생산하는 시설은 인쇄회로기판 생산과정 중 기판을 세척하는 과정에서 저농도의 폐수가 발생하며, 약품 처리 과정에서 고농도의 산폐수 및 알칼리폐수가 발생함
- 인쇄회로기판을 생산하는 시설에 해당하는 사업장은 1개소로 확인됨

3. 금속가공제품 제조업종 현황

1) 연마공정을 운영하는 시설 현황

가. 폐수발생원 및 유입수 현황

- 연마공정을 운영하는 시설은 금속가공제품을 연마 및 세척하는 과정에서 사용하는 연마제, 세척세제 및 금속가공제품에서 제거된 불순물 등이 발생하여 유기물질 및 부유물질의 농도가 높은 특징이 있음
- 유입수의 TOC, BOD, SS의 평균 유입농도는 800.1 mg/L, 645.3 mg/L, 3,856.1 mg/L로 농도가 높음
- 유입수의 평균 DOC/TOC 비는 0.56으로 유기물질은 입자성과 용존성의 비율이 비슷한 수준으로 나타남

<표 5> 연마공정을 운영하는 시설 유입수 현황

| 구분 | TOC(mg/L) | DOC(mg/L) | BOD(mg/L) | SS(mg/L) |
|---------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 평균 (최소-최대) | 800.1 (99.0 - 1,304.0) | 415.9 (37.8 - 1,008.2) | 645.3 (121.4 - 1,795.9) | 3,856.1 (43.0 - 20,270.0) |

나. 폐수처리 형태 및 처리효율

- 4개소의 각각의 처리공정은 응집침전 2개소, 응집침전+활성탄 흡착 1개소, 활성탄 흡착 1개소로 확인됨
- 유입수의 TOC 농도는 4개소 모두 배출허용기준 이상으로 유입되며, 처리형태별 평균 TOC 처리효율은 응집침전 73.9 %, 응집침전+활성탄 흡착 50.4 %, 활성탄 흡착 34.1 % 순서로 나타났으며, TOC 배출허용기준 초과사업장은 4개소로 나타남
- 조사를 실시한 모든 사업장이 배출허용기준을 초과하였으며, 그 원인은 2개소는 응집공정만 단독으로 운영하여 용존성 유기물질 처리공정의 부재로 기준을 초과하였으며, 그 외의 2개소는 용존성 유기물질의 처리공정으로 활성탄 흡착을 활용하고 있으나 장기간 활성탄 미교체 등의 원인으로 배출허용기준을 초과함

<표 6> 연마공정을 운영하는 시설 처리형태별 평균 TOC 처리효율

| 처리형태 | 개소수 | TOC 수질기준 초과사업장 | 평균 TOC 처리효율 (%) | |
|-------------|-----|-------------------|-----------------|--------------------|
| | | | 전체 | 처리효율 10 % 미만 제외 |
| 응집침전 | 2 | 2 | 73.9 | 73.9 |
| 응집침전+활성탄 흡착 | 1 | 1 | 50.4 | 50.4 |
| 활성탄 흡착 | 1 | 1 | 34.1 | 75.2 |

2) 연마공정을 운영하지 않는 시설 현황

가. 폐수발생원 및 유입수 현황

- 연마공정을 운영하지 않는 시설은 제품 생산 과정 중 원료를 산처리 및 세척 시 사용하는 화학약품과 세척 후 발생하는 오염물질이 폐수로 발생함
- 연마공정을 운영하지 않는 시설 7개소의 유입수의 조사결과 평균 TOC 농도는 241.1 mg/L로 연마공정을 운영하는 시설 대비 상대적으로 오염도가 낮음
- 연마공정을 운영하지 않는 시설 7개소 중 유입수 TOC 농도가 배출허용기준 이상으로 유입되는 사업장은 4개소이며, SS 농도가 배출허용기준 이상으로 유입되는 사업장은 3개소임

<표 7> 연마공정을 운영하지 않는 시설 유입수 현황

| 구분 | TOC(mg/L) | DOC(mg/L) | BOD(mg/L) | SS(mg/L) |
|---------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|
| 평균 (최소-최대) | 241.1 (8.2 - 341.5) | 185.2 (3.9 - 643.5) | 216.5 (6.3 - 563.0) | 1,841.7 (0.8 - 9,585.0) |

나. 폐수처리 형태 및 처리효율

- 처리공정은 응집침전+생물+활성탄 흡착 1개소, 응집침전+여과+활성탄 흡착 4개소, 응집침전+활성탄 흡착 1개소, 응집침전+가압부상+오존산화 1개소로 확인됨
- 연마공정을 운영하지 않는 시설은 유입수의 TOC 농도가 배출허용기준 이상으로 유입되는 사업장은 4개소이며, 처리형태별 평균 TOC 처리효율은 응집침전+생물+활성탄 흡착 96.4 %, 응집침전+여과+활성탄 흡착 48.4 %, 응집침전+활성탄 흡착 18.3 %, 응집침전+가압부상+오존산화 0.0 % 등의 순서로 나타남

- 처리형태별 TOC 처리효율이 10 % 미만인 사업장은 3개소이며, 처리시설의 TOC 처리효율이 낮은 주요 원인은 응집침전시설은 응집제 과다 주입에 의한 처리효율 저하이며, 여과시설은 여재의 장기간 미교체로 처리기능 상실로 나타났으며, 활성탄 흡착시설은 활성탄의 미교체로 인한 처리효율 미흡이 원인으로 나타남
- 배출허용기준을 초과하는 사업장은 3개소이며, 그 원인은 용존성 유기물질의 처리공정으로 활성탄 흡착시설을 운영하고 있으나 활성탄의 장기간 미교체로 인한 처리효율 미흡하여 기준을 초과함

〈표 8〉 연마공정을 운영하지 않는 시설 처리형태별 평균 TOC 처리효율

| 처리형태 | 개소수 | TOC 수질기준 초과사업장 | 평균 TOC 처리효율 (%) | |
|---------------------|-----|-------------------|-----------------|--------------------|
| | | | 전체 | 처리효율 10 % 미만 제외 |
| 응집침전+생물학적 처리+활성탄 흡착 | 1 | - | 96.4 | 96.4 |
| 응집침전+여과+활성탄 흡착 | 4 | 2 | 48.4 | 57.5 |
| 응집침전+활성탄 흡착 | 1 | 1 | 18.3 | 46.7 |
| 응집침전+가압부상+오존산화 | 1 | - | 0.0 | 0.0 |

3) 인쇄회로기판 제조시설 현황

가. 폐수발생원 및 유입수 현황

- 인쇄회로기판 제조시설은 인쇄회로기판 제조과정 중 약품 처리과정에서 발생하는 고농도의 산폐수 및 알칼리폐수가 발생함
- 인쇄회로기판 제조시설 1개소의 유입수의 조사결과 평균 TOC 농도는 136.7 mg/L로 상대적으로 오염도가 낮음
- 인쇄회로기판 제조시설은 유입수 TOC 농도가 배출허용기준 이상으로 유입되며, SS 농도는 배출허용기준 이내로 유입됨

〈표 9〉 인쇄회로기판 제조시설 유입수 현황

| 구분 | TOC(mg/L) | DOC(mg/L) | BOD(mg/L) | SS(mg/L) |
|---------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 평균 (최소-최대) | 136.7 (28.2 - 245.1) | 121.5 (19.7 - 223.3) | 51.5 (14.1 - 88.9) | 15.0 (10.0 - 20.0) |

나. 폐수처리 형태 및 처리효율

- 인쇄회로기판 제조시설 1개소의 처리공정은 응집침전으로 확인됨
- 인쇄회로기판 제조시설은 유입수의 TOC 농도가 배출허용기준 이상으로 유입되며, 처리형태별 평균 TOC 처리효율은 응집침전 34.9 %로 나타났으며, TOC 배출허용기준을 준수함
- 기술지원을 실시한 1개 사업장은 발생하는 폐수의 성상에 따라 응집공정을 통한 처리효율의 차이가 발생하였으며, 유입수의 TOC가 저농도로 유입되는 경우 응집공정을 통한 처리효율이 미흡한 상태로 나타남

<표 10> 인쇄회로기판 제조시설 처리형태별 평균 TOC 처리효율

| 처리형태 | 개소수 | TOC 수질기준 초과사업장 | 평균 TOC 처리효율 (%) | |
|------|-----|-------------------|-----------------|--------------------|
| | | | 전체 | 처리효율 10 % 미만 제외 |
| 응집침전 | 1 | - | 34.9 | 81.9 |

4. 금속가공제품 제조업종의 폐수처리공정 검토 및 제안

1) 폐수처리공정 검토

- 처리구성의 적정성 검토를 위해 유입폐수의 TOC, DOC, BOD, SS의 분석이 필요함
- 유입폐수의 분석 시기는 조업량이 많아 오염도가 높은 시기를 3회 이상 분석한 결과를 활용하여 판단하며, 조사결과 중 가장 높은 농도를 기준으로 판단이 필요함

<표 11> 유입폐수 분석결과 검토 예시

| 구분 | 1회 | 2회 | 3회 | 종합 결과 |
|-----------|-------|--------------|----------------|----------------|
| TOC(mg/L) | 136.7 | 800.1 | 241.1 | 800.1 |
| DOC(mg/L) | 121.5 | 415.9 | 185.2 | 415.9 |
| BOD(mg/L) | 51.5 | 645.3 | 216.5 | 645.3 |
| SS(mg/L) | 15.0 | 1,841.7 | 3,856.1 | 3,856.1 |

- 유입폐수의 TOC, DOC, SS의 농도가 배출허용기준 이상인 경우 입자성 및 용존성 물질에 대한 처리공정이 필요함
- 유입폐수의 TOC, SS의 농도가 배출허용기준 이상이나 DOC의 농도가 TOC 배출허용기준 이내인 경우 입자성 물질에 대한 처리공정이 필요하며, 다만 DOC의 농도가 TOC 배출허용기준 농도에 70 % 이상인 경우 용존성 물질 처리공정을 고려하여야 함
- 유입폐수의 DOC의 농도가 배출허용기준 이상인 경우 용존성 물질에 대한 처리공정이 필요함
- 입자성 물질에 대한 처리공정은 응집침전(부상), 여과시설 등이 있으며, 용존성 물질에 대한 처리공정은 활성탄 흡착시설, 생물학적 처리시설 등이 있음
- 입자성 및 용존성 물질의 복합처리가 필요한 경우에는 처리공정을 복합으로 구성하여 처리가 필요함(여과+활성탄 흡착, 응집침전+여과+활성탄 흡착 등)
- 금속가공 업종의 경우 대부분 부유물질의 농도가 높게 유입되는 특징이 있으므로 입자성 물질을 처리할 수 있는 응집 또는 여과공정이 필요하며, 연마를 실시하는 사업장은 입자성 물질 이외에 용존성 유기물질의 농도가 높으므로 용존성 유기물질 저감을 위한 공정이 필요함

<표 12> 유입폐수 성상에 따른 처리시설 구성

| 구분 | 처리공정 | |
|---|-------------------------|--|
| (CASE 1) TOC, DOC, BOD, SS 농도 > 수질기준 | 입자성 및 용존성 물질 처리공정 | <ul style="list-style-type: none"> · 생물학적 처리 · 응집+생물학적 처리 · 응집+생물학적 처리+여과 등 |
| (CASE 2) TOC, SS 농도 > 수질기준 BOD, DOC 농도 < 수질기준 | 입자성 물질 처리공정 | <ul style="list-style-type: none"> · 응집침전(부상) · 여과 |
| (CASE 3) TOC, DOC, BOD 농도 > 수질기준 SS 농도 < 수질기준 | 용존성 물질 처리공정 | <ul style="list-style-type: none"> · 생물학적 처리 · 고도산화 · 활성탄 흡착 등 |

가. 연마공정을 운영하는 시설의 폐수처리공정 제안

- 연마공정을 운영하는 시설의 경우 조사결과에 따르면 유입폐수의 TOC, DOC, SS는 배출허용기준 이상으로 유입되어 유기물질 및 부유물질에 대한 처리가 필요한 시설임
- 연마공정을 운영하는 시설은 고농도의 유기물질 및 부유물질이 유입되므로, 안정적인 수질기준 준수를 위해 처리공정은 응집·침전(부상)시설과 생물학적 처리공정을 사용하는 것을 제안함
- 유입수의 수질 및 성상, 처리현황에 따라 생물학적 처리 이후 고액분리 효율 제고를 위한 여과시설, 추가 유기물질 저감을 위한 흡착시설, 난분해성 유기물질 저감을 위한 고도산화 시설 등을 도입할 수 있음

나. 연마공정을 운영하지 않는 시설의 폐수처리공정 제안

- 연마공정을 운영하지 않는 시설의 경우 유입폐수의 TOC, DOC, SS의 농도가 배출허용기준 이상으로 유입되는 사업장은 조사결과 7개소 중 TOC는 4개소, BOD는 4개소, SS는 3개소로 사업장별 유입특성에 따라 차이가 있으나 유기물질 및 부유물질의 처리가 복합적으로 필요함
- 입자성 및 용존성 물질 처리가 가능한 처리공정은 입자성 물질 처리를 위한 응집·침전(부상)과 여과시설 등이 있으며, 용존성 물질 처리는 생물학적 처리시설, 활성탄 흡착시설 등이 있으며, 각 처리물질별 단위공정을 조합하여 처리시설 구성이 필요함

다. 인쇄회로기판 제조시설의 폐수처리공정 제안

- 인쇄회로기판을 제조하는 시설의 경우, 다른 금속가공제품 제조시설과 비교하여 유입폐수의 오염도가 상대적으로 낮게 나타남
- 유입폐수의 BOD, SS 농도는 배출허용기준 이내로 유입되고 있으나 TOC 농도는 배출허용기준 이상이며, DOC의 농도 또한 TOC 배출허용기준 이상으로 유입되고 있으므로 용존성 유기물질에 대한 처리가 필요함
- 처리공정은 용존성 유기물질을 처리할 수 있는 공정의 구성이 필요하며, 유입수의 유기물 특성에 따라 적용 가능한 공정은 차이가 있으나 용존성 유기물질의 처리 공정은 생물학적 처리시설, 활성탄 흡착시설 등을 적용할 수 있음

5. 폐수처리 단위공정별 점검 및 관리방안

- 폐수처리시설의 적정 운영 검토를 위하여 단위공정별 처리효율 점검이 필요함
- 생물학적 처리시설, 응집침전, 여과, 활성탄 흡착시설 전후의 폐수를 채취하여 각 단위공정의 TOC, DOC, BOD, SS에 대한 처리효율 점검을 통해 처리효율을 평가하고 처리효율이 미미한 단위공정은 운영 및 시설상 개선이 필요함

1) 생물학적 처리시설

가. 개요

- 생물학적 처리는 폭기시설에서 폐수와 미생물의 혼합액 내에서 공기공급을 통하여 미생물이 성장하면서 폐수 내의 각종 유기물을 분해하여 새로운 세포나 최종생성물로 전환시키는 공정임
- 폭기시설에서 유출된 미생물은 침전지에서 중력침전 또는 막여과 등을 통해 고액분리되고 상등수 및 여과수는 처리수로 방류되고 고액분리된 미생물은 폭기시설로 반송되어 유기물질 제거에 재이용하고 반송되는 미생물의 일부는 주기적으로 제거하여 폭기시설에 적당한 미생물의 농도를 유지시켜 대부분 생분해성 유기물질을 처리하는 공정임

나. 생물학적 처리 관련 용어 정리

(1) MLSS, MLVSS

- 생물학적 처리공정에서 폭기시설의 혼합액의 부유물질 농도를 MLSS(Mixed Liquer Suspended Solid)라고 하며, MLVSS는 MLSS 중 휘발성 부유물질의 양을 나타냄
- 폭기시설의 혼합액의 부유물질의 농도 중 미생물 농도를 MLVSS의 농도로 추정함

(2) F/M비(Food-to-Microorganism Ratio)

- 생물학적 처리공정에서 유기물부하량을 말하며, 유기물질의 양과 폭기시설의 미생물량의 비를 나타냄
- $F/M비(kg-BOD/kg-MLVSS \cdot d) = BOD(mg/L) \cdot Q(m^3/d) / MLVSS(mg/L) \cdot V(m^3)$
- F/M비는 생물학적 처리시설의 공법에 따라 적정 F/M비 범위가 있으며, 일반적으로 F/M비가 높은 경우는 유기물질에 비하여 미생물량이 적은 상태로 슬러지 반송량 증가 등을 통해 미생물량을 증가시키고, F/M비가 낮은 경우에는 미생물 반송량을 감소시켜 미생물량을 조정할 수 있음

(3) HRT(수리학적 체류시간)

- 물이 반응조 및 침전조 등의 공정 내로 유입부터 유출까지의 시간으로 각 공정에서 머무는 시간을 의미함
- $HRT(hr) = \text{반응조(침전조 등) 용량}(m^3) / \text{유입유량}(m^3/d)$
- 각 공정별 처리를 위해 적절한 체류시간이 있으며, 폭기시설에서 체류시간이 짧은 경우에는 충분한 BOD 제거가 이뤄지지 않을 수 있으며, 침전시설에서의 체류시간이 짧은 경우에는 고액분리의 효율이 낮아질 수 있으므로 각 공정별 적정 체류시간의 확보가 필요함

(4) SRT(고형물 체류시간)

- 생물학적 처리공정에서 SRT는 슬러지 일령(Sludge age)으로 미생물이 생물학적 처리공정에 머무는 시간을 말함
- $SRT(d) = \text{수처리시스템 내에 존재하는 활성슬러지량}(kg) / \text{하루에 시스템 외부로 배출되는 활성슬러지량}(kg/d)$
- 각 생물학적 처리공정에 따라 SRT를 조절하여 운영해야 하며, 일반적으로 SRT가 짧은 경우 질산화에 어려움이 있으며, 너무 길 경우 인처리 및 핀플록 등 침강성 저하가 일어날 수 있음

(5) SVI(Sludge Volume Index)

- 활성 슬러지의 침전 가능성을 나타내는 지표임
- SV는 1L 메스실린더에 폭기시설의 혼합액을 넣고 30분간 침전시킨 후 침전된 슬러지의 용적(mL)임
- $SVI = SV(mL/L) \cdot 1000 / MLSS(mg/L)$ 로 계산하며, 일반적으로 SVI가 50 ~ 150 범위에 있는 것이 침전성이 양호하다고 판단함

라. 공법별 운영방안

- 생물학적 처리방법은 크게 호기성과 혐기성 처리방법으로 구분할 수 있으며, 호기성과 혐기성 단위 공정들이 조합되어 구성된 생물학적 질소·인 고도처리 공정이 있음

(1) 호기성 생물학적 처리 공정

- 호기성 생물학적 처리는 호기성 미생물을 이용하여 폐수 중의 유기물을 먹이로 사용하여 폐수 중의 유기물을 제거하는 공정임

〈표 13〉 표준활성슬러지 계량 공정별 설계 및 운영인자(공공폐수처리시설 설계지침,2017)

| 구분 | 미생물 체류시간 (일) | BOD용적부하 (kgBOD/m ³ /일) | F/M비 (kg/BOD/kg MLVSS/일) | MLSS (mg/L) | 수리학적 체류시간 (시간) | 슬러지 반송비 |
|-----------|--------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------|----------------|-----------|
| 표준활성슬러지 | 5~15 | 0.3~0.6 | 0.2~0.4 | 1,500~3,000 | 4~8 | 0.25~0.5 |
| 완전혼합형 | 5~15 | 0.8~1.92 | 0.2~0.6 | 2,500~4,000 | 3~5 | 0.25~1.0 |
| 점감식포기법 | 5~15 | 0.3~0.6 | 0.2~0.4 | 1,500~3,000 | 4~8 | 0.25~0.5 |
| 계단식포기법 | 5~15 | 0.6~1.0 | 0.2~0.4 | 2,000~3,500 | 3~5 | 0.25~0.75 |
| 수정포기법 | 0.2~0.5 | 1.2~2.4 | 1.5~5.0 | 200~1,000 | 1.5~3 | 0.05~0.15 |
| 고율활성슬러지공정 | 5~10 | 1.6~1.6 | 0.4~1.5 | 4,000~10,000 | 0.5~2 | 1.0~5.0 |
| 장기포기법 | 20~30 | 0.1~0.4 | 0.05~1.5 | 3,000~6,000 | 18~36 | 0.5~1.5 |

(가) 표준활성슬러지 공법

- 폐수 중의 유기물을 미생물의 먹이로 하여 미생물을 성장시키고 성장한 미생물을 침전분리하여 폐수 중의 유기물을 제거하는 공법임

〈표 14〉 표준활성슬러지 공법

| | | |
|-----------------|---|--|
| 설계인자 | - HRT : 4~8시간 - F/M비 : 0.2~0.4kgBOD/MLVSS/d, - 슬러지반송율(RAS) : 25~50% | - SRT : 5~15일 - MLSS : 1,500~3,000 mg/L |
| 처리공정 모식도 | | |

(나) 산화구 공법

- 산화구 공정은 1차침전지를 설치하지 않고 폐수와 산화구내 혼합액이 원형 또는 타원형 무한수로를 통하여 한 곳 또는 그 이상의 지점에서 기계식 폭기에 의해 순환이동되는 공정임
- 산화구 공정은 일반적으로 장기폭기법과 같은 원리로 운영됨

<표 15> 산화구 공법

| | | |
|-----------------|--|--|
| 설계인자 | - HRT : 24~48시간 - F/M비 : 0.03~0.05kgBOD/MLVSS/d - 슬러지반송율(RAS) : 100~200% | - SRT : 8~50일 - MLSS : 3,000~4,000 mg/L |
| 처리공정 모식도 | | |

(2) 생물학적 질소 고도 처리 공정

- 질산화는 질산화미생물을 통하여 질산성질소에서 아질산성질소, 산화질소, 이산화질소 및 질소가스를 생성하는 과정으로 폐수 내의 질소를 제거하는 방법임
- (가) MLE 공법
- 표준활성슬러지 공법을 개량한 공법으로서 인제거 보다는 질소제거가 주목적으로 기존 활성슬러지 시설에 적용하기 쉬움
- 표준활성슬러지 공법의 호기조 전단에 혐기조를 설치하고 내부반송을 통해 호기조에서 질산화된 질산염을 혐기조에서 탈질을 시키는 공정임

<표 16> MLE 공법

| | | |
|-----------------|--|--|
| 설계인자 | - HRT(Total : 5~15hr) : 혐기조 1~3hr, 호기조 4~12hr - 슬러지반송율 : 50~100% | - SRT: 7~20d - MLSS : 3,000~4,000mg/L - 내부반송율 : 100~200% |
| 처리공정 모식도 | | |

(나) 바덴포 4단 공정

- 바덴포 공정은 네 개의 무산소조 및 호기성조가 연속적으로 연결된 공정으로, 탈질을 위하여 유입수내의 탄소원과 슬러지 내생분해에 의해 발생하는 탄소원을 모두 사용함
- 첫 번째 무산소조에서 반송된 질산성 질소는 대부분의 탈질이 이뤄지고 첫 번째 호기성조에는 질산화가 이뤄지고 두 번째 무산소조에서는 슬러지의 내생분해에 의한 탄소원을 활용하여 추가 탈질이 이뤄지고 두 번째 호기성조는 침전 전에 잔류하는 질소가스를 제거하는 목적으로 활용됨

<표 17> 바덴포 4단 공법

| | | |
|------------------------|---|---|
| <p>설계인자</p> | <p>- HRT : 6~8시간 (전무산소조 : 0.5시간, 혐기성조 : 1.0~2.0시간, 무산소조 : 2.0~3.0시간, 호기성조 : 3.0~6.0시간) - MLSS : 2,000~5,000mg/L</p> | <p>- SRT : 10~40일 - F/M 비 : 0.1~0.2kgBOD/MLSS/d - BOD / TN 비 : 6~7 이상 - 슬러지반송율(RAS) : 20~50% - 내부반송율 : 100~200%</p> |
| <p>처리공정 모식도</p> | | |

(3) 생물학적 인 고도 처리 공정

- 생물학적 인 제거는 활성슬러지가 혐기성 상태에서 인을 방출하고 다시 호기성 상태에서 인을 과잉으로 섭취하는 현상을 이용하는 제거방법임
- 연속적인 혐기 및 호기성 조건에서 미생물에 의한 인의 축적은 4 ~ 12 % 정도로 보고되고 있는데 이러한 미생물을 폐기함으로써 2.5 ~ 4배 정도 높은 인의 제거효율을 얻을 수 있음

(가) A/O 공법

- 유기물과 인을 제거하기 위한 공법으로 반응조는 혐기성조, 호기성조로 구성되며, 혐기성 단계와 호기성 단계가 동일 크기로 구성됨
- 혐기성 상태에서 미생물에 의한 유기물의 흡수가 일어나면서 인이 용존성염으로 용출되며, 일부 유기물질이 제거되는 공정임

<표 18> A/O 공법

| | | |
|------------------------|--|---|
| <p>설계인자</p> | <p>- HRT(Total : 1.5~4.5시간) : 혐기조 0.5~1.5시간, 호기조 1~3.0시간</p> <p>- SRT: 2~5일</p> <p>- 슬러지반송률 : 10~30%</p> | <p>- F/MBI : 0.2~0.7kgBOD/MLVSS/d</p> <p>- MLSS : 3,000~4,000mg/L</p> |
| <p>처리공정 모식도</p> | | |

(나) 포스트립 공법

- 생물학적 및 화학적 인 제거 공정이 조합된 공정으로 반송슬러지의 일부를 혐기성 탈인조로 유입시켜 혐기성 상태에서 인을 방출한 후 그 상징액에 과량 함유된 인을 응집제로 처리하는 방법임

<표 19> 포스트립 공법

| | | |
|------------------------|---|---|
| <p>설계인자</p> | <p>- HRT(Total : 14.0~22.0시간) : 혐기조 10~12시간, 호기조 4~10시간</p> <p>- SRT: 5~20일</p> <p>- 슬러지반송률 : 50~100%</p> | <p>- F/MBI : 0.2~0.4kgBOD/MLVSS/d</p> <p>- MLSS : 1,000~3,000mg/L</p> |
| <p>처리공정 모식도</p> | | |

(4) 생물학적 질소·인 고도 처리 공정

- 생물학적 처리공정의 혐기성, 무산소, 호기성 단계를 활용하여 질소 또는 인을 제거하는 공정들을 활용하여 질소 및 인을 동시에 처리할 수 있는 공정을 개발하였으며, 무산소조의 탈질반응과 미생물의 인의 과잉섭취 및 폐기를 통한 인처리를 복합적으로 수행할 수 있는 공정임

(가) A²/O 공법

- 질소와 인을 제거하기 위한 공법으로 반응조는 혐기성조, 무산소조, 호기성조로 구성되며, 질산성 질소를 제거하기 위한 내부반송과 침전지 슬러지 반송으로 구성됨
- 혐기성조에서는 혐기성 조건에서 인을 방출시켜 호기성조에서 미생물이 과잉섭취할 수 있도록 하며, 무산소조는 호기성조의 내부반송수의 질산성질소를 탈질시키는 역할을 함

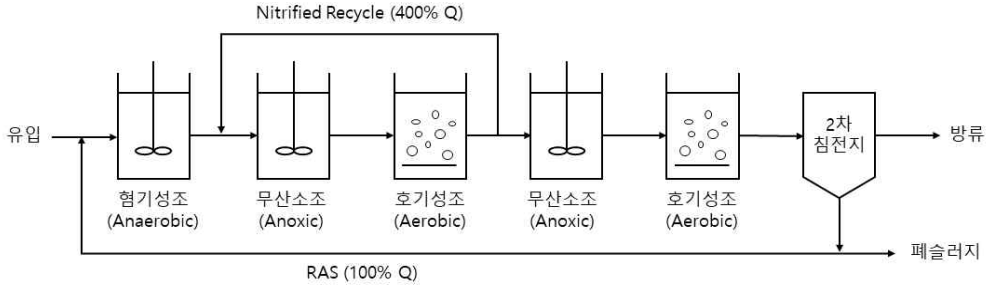
<표 20> A²/O 공법

| | | |
|-----------------|---|---|
| <p>설계인자</p> | <p>- HRT : 5~8시간 (혐기성조 : 0.5~1.0시간, 무산소조 : 0.5~1.0시간, 호기성조 : 3.5~6.0시간) - F/M비 : 0.1~0.3kgBOD/MLVSS/d</p> | <p>- SRT : 4~27일 - MLSS : 3,000~5,000 mg/L - 슬러지반송율(RAS) : 25~50% - 내부반송 : 100~200%</p> |
| <p>처리공정 모식도</p> | | |

(라) 바덴포 5단 공정

- Bardenpho 공법은 혐기-무산소-호기-무산소-호기조로 구성되어 있으며, 전단의 혐기-무산소-호기는 질소, 인 및 유기물을 제거하며, 2번째 무산소조에서는 내생탈질과정을 통하여 미처리된 질산성질소를 제거하며, 마지막 호기성 단계에서는 폐수내 잔류 질소가스를 제거하고 최종 침전지에서 인의 용출을 방지하기 위하여 사용됨

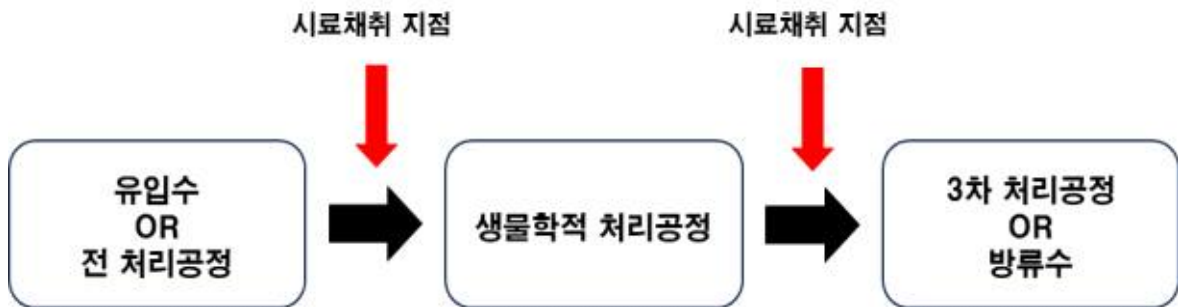
<표 21> 바덴포 5단 공법

| | | |
|------------------------|--|--|
| <p>설계인자</p> | <ul style="list-style-type: none"> - HRT : 10 ~ 24시간 (혐기성조 : 1.0 ~ 2.0시간, 무산소조 : 2.0 ~ 4.0시간, 호기성조 : 4.0 ~ 12.0시간, 무산소조-2 : 2.0 ~ 4.0시간, 호기성조-2 : 0.5 ~ 1.0시간) - F/M 비 : 0.1 ~ 0.2kgBOD/MLSS/d | <ul style="list-style-type: none"> - SRT : 10 ~ 40일 - BOD / TN 비 : 7 ~ 10 이상 - 슬러지반송율(RAS) : 100% - 내부반송율 : 400% - MLSS : 2,000 ~ 4,000mg/L |
| <p>처리공정 모식도</p> |  | |

다. 운영현황 검토 및 관리방안

(1) 처리기능 검토

- 생물학적 처리공정은 생분해성 유기물질을 제거하는 공정으로 BOD의 처리효율이 중요하며, 침전조의 고액분리 효율은 SS의 처리효율을 통해 확인할 수 있음
- 생물학적 처리공정의 처리효율 점검은 생물학적 처리공정 전후의 시료채취 및 TOC, BOD, SS 분석을 통해 확인할 수 있음



<그림 2> 생물학적 처리공정 처리효율 점검 방법

- 생물학적 처리공정 전후의 분석을 통해 일반적으로 BOD 처리효율은 최소 70 % 이상과 SS의 처리수질이 30 mg/L 이하인 경우 처리기능이 양호한 상태로 판단할 수 있으나 사업장별 운영현황에 따라 차이가 발생할 수 있음

- 생물학적 처리공정은 BOD의 처리효율이 낮은 경우와 고액분리 효율 저하로 SS 등의 처리효율이 낮은 경우로 구분할 수 있으며, 처리시설의 운영인자와 분석결과를 종합하여 운영상태 진단 및 조치가 필요함
- 생물학적 처리 후 BOD의 처리효율과 SS 처리효율 효율 모두 양호한 상태이나 TOC가 배출허용기준을 초과하는 경우 난분해성 유기물질의 잔류하는 상태로 생물학적 처리공정 이외의 추가 처리공정이 필요함

<표 22> 생물학적 처리공정 정상 가동 상태

| 구분 | 배출허용기준 | 처리 전 | 처리 후 | 처리효율(%) | 비고 |
|-----------|--------|-------|------|-------------|------------------|
| BOD(mg/L) | 120 | 214.5 | 13.4 | 93.8 | BOD 처리효율 70 % 이상 |
| TOC(mg/L) | 75 | 150.4 | 16.5 | 89.0 | |
| SS(mg/L) | 120 | 133.6 | 8.5 | 93.6 | 30mg/L 이하 |

<표 23> 생물학적 처리공정 비정상 가동 상태

| 구분 | 배출허용기준 | 처리 전 | 처리 후 | 처리효율(%) | 비고 |
|-----------|--------|-------|-------|-------------|------------------|
| BOD(mg/L) | 120 | 214.5 | 154.8 | 27.8 | BOD 처리효율 70 % 이하 |
| TOC(mg/L) | 75 | 150.4 | 108.2 | 28.1 | 기준 초과 |
| SS(mg/L) | 120 | 133.6 | 128.4 | 3.9 | 30mg/L 이상 |

(2) 운영현황 점검 및 관리방안

- 생물학적 처리공정의 처리기능이 미흡한 경우에는 생물반응조 및 침전조 등 다양한 원인의 파악이 필요하며, 문제점에 따라 생분해성 유기물질의 처리효율이 낮은 경우와 고액분리 효율이 불량한 경우로 크게 구분할 수 있으나 그 원인 및 관리방안은 복합적인 경우가 대부분임

○ 용존산소 점검

- 생물반응조별 용존산소의 농도는 매우 중요한 지표이며, 폭기시설에서는 호기성 미생물의 성장을 위해 충분한 산소가 공급되어야 하며, 혐기성조에서는 인의 방출을 위해 혐기상태가 유지되어야 하며, 무산소조에서는 탈질조건을 위해 무산소조건이 충족되어야 함
- 폭기시설에서는 용존산소의 농도가 1 mg/L 이상이 되도록 유지가 필요하며, 혐기성조 및 무산소조의 용존산소는 0 mg/L에 가깝게 유지되어야 함

○ pH, 온도 점검

- 생물반응조의 미생물이 성장하기 위해서는 pH와 온도도 성장할 수 있는 조건이 마련되어야 하며, pH는 6.5~8.0 범위로 유지하는 것이 바람직함
- 수온의 경우 너무 낮은 경우 처리효율이 낮아질 수 있으며 너무 높은 경우에는 미생물이 사멸할 수 있으므로 10~35 ℃ 범위로 유지하는 것이 바람직함

○ F/M비 점검

- 생물학적 처리공정에서 유기물부하량으로 각 처리공법에 따른 적정 F/M비 범위로 운영이 필요하며, F/M비를 결정하는 인자는 유입부하, 미생물 농도, 반응조의 용적, 유입유량으로 운영상으로 F/M비 조절을 위해 조정할 수 있는 인자는 유입부하, 미생물의 농도, 유입유량임
- F/M비가 낮아지는 경우는 유입수의 BOD 농도가 낮아지거나 유입유량이 줄어드는 경우, 또는 미생물의 농도를 높이는 경우 F/M비가 낮아짐
- F/M비가 높아지는 경우는 유입수의 BOD 농도가 높아지는 경우, 유입유량이 늘어나는 경우, 미생물의 농도가 낮아지는 경우 F/M비가 높아짐

○ BOD:N:P 비 점검

- 생물의 성장을 위해서는 유기물질 이외의 영양염류의 공급이 필요하며, 이론적인 BOD:N:P 비는 100:5:1로 유지하는 것이 바람직하지만 생물학적 처리공법에 따라 차이가 있으며, 정확한 비율로 유지하지 않더라도 생물학적 처리가 정상적으로 이뤄지는 경우가 많이 있으나 생물학적 처리효율이 낮은 경우에는 비율을 점검하고 부족한 영양염류의 주기적인 보충이 필요함

○ SVI 점검

- 생물학적 처리 후 고액분리를 통해 미생물과 처리된 폐수를 분리하는 것은 처리수질에 영향을 미치는 주요한 요인으로 미생물의 침강성의 확인을 위하여 SVI를 주기적으로 측정할 필요가 있으며, SVI의 범위가 50~150 범위에 있는 경우 침강성이 양호하다고 판단함
- SVI가 150 이상인 경우 벌킹(bulking)이 일어났다고 판단하며, 침강성이 불량한 상태로 벌킹은 다양한 원인으로 일어날 수 있으며, 주요 원인으로는 1) 낮은 DB, 2) 낮은 유기물 부하(낮은 F/M비), 3) 원수의 부패, 4) 영양염류(N, P 등) 결핍, 5) 낮은 pH가 있음
- 벌킹이 일어난 경우 발생 원인을 검토하여 해소할 필요가 있으며, 추가적으로 응집제를 사용하여 침강성을 높이는 방법 등이 있음

○ 슬러지 부상

- 벌킹에 의한 슬러지 부상 이외에도 다양한 원인으로 슬러지 부상이 일어날 수 있으며, 1) SRT가 길어질 때, 2) MLSS가 많을 때, 3) 침전조의 탈질에 의한 부상, 4) 부패에 의한 슬러지 부상, 5) 과폭기에 의한 슬러지 부상 등이 있음
- SRT가 길어지는 경우는 미생물의 자산화가 일어나게 되며, 자산화된 슬러지는 색상이 어두운 색을 띠며, 상부 부상되는 미세 Floc들이 많이 생기게 되므로 주기적인 슬러지 인발을 실시하여 적정 SRT 관리가 필요함
- MLSS가 많은 경우에는 고형물이 많아 침전이 잘 이뤄지지 않는 상태로 슬러지 적정량 조절을 통해 미생물의 양을 조정하여 침강성 확보가 필요함
- 침전조의 탈질에 의한 부상은 축적된 슬러지가 무산소 상태에서 탈질이 일어나 질소가스에 의해 슬러지가 부상하는 현상으로 방지를 위해서는 침전조의 슬러지가 머무는 체류시간을 감소시켜 탈질 반응이 일어나지 않도록 하는 방안과 침전조 유입 전 폭기량을 늘려 침전조에 무산소 상태가 되지 않도록 조절하는 방안 등이 있음
- 폭기시설의 슬러지가 용존산소의 부족으로 부패가 일어난 경우에는 메탄가스, 수소 등이 발생하여 슬러지가 부상할 수 있으며, 충분한 산기를 통하여 부패가 발생하지 않도록 운영관리가 필요함
- 과폭기에 의한 슬러지 부상은 호기성조에 과도한 폭기로 인하여 미세 공기기포가 발생하여 슬러지가 부상이 일어나는 경우로 폭기량을 조정하여 안정화가 필요함

2) 응집침전(부상) 시설

가. 개요

- 응집공정은 응집약품을 사용하여 미세입자 및 부유고형물 등을 응집시키고 응집물(Floc)을 중력에 의해 침전시켜 폐수와 분리하는 처리시설로 입자성 물질을 처리하는 것이 목적인 처리시설로 입자성 물질의 처리와 함께 일부 용존성 물질이 제거되지만 큰 저감효과는 없음
- 응집공정은 연속식 처리와 회분식 처리로 구분할 수 있으며, 연속식 처리는 폐수가 연속적으로 유입하는 시설로 유입되는 폐수에 응집제가 주입되고 교반 후 침전시설로 이송되어 상등수가 처리수로 배출되는 구조이며, 회분식 처리시설은 한 개의조를 반응조와 침전조로 사용하여 폐수를 유입 후 약품 주입 및 교반, 침전까지 한 개의 반응조에서 실시하고 상등수는 처리수로 배출하고 하부 슬러지는 폐기하는 방식임

나. 운영현황 검토 및 관리방안

(1) 처리기능 검토

- 응집공정은 입자성 물질을 처리하는 공정으로 SS의 처리효율 및 입자성 유기물질 처리효율이 중요하며, 응집공정의 처리효율 점검은 응집공정 전후의 시료채취 및 TOC, DOC, SS 분석을 통해 확인할 수 있음



<그림 3> 응집공정 처리효율 점검 방법

- 응집공정 전후의 분석을 통해 SS 처리효율은 최소 50 % 이상인 경우와 처리 후 DOC/TOC 비율은 0.7 이상인 경우 처리기능이 양호한 상태로 판단하며, 그 이하인 경우에는 처리공정의 개선이 필요한 상태로 판단함

<표 24> 응집공정 정상 가동 상태

| 구분 | 배출허용기준 | 처리 전 | 처리 후 | 처리효율(%) | 비고 |
|-----------|--------|-------|------|---------|-----------------------------|
| TOC(mg/L) | 75 | 95.8 | 55.7 | 41.9 | 처리 후 DOC/TOC > 0.7 이상 |
| DOC(mg/L) | - | 62.4 | 51.0 | 18.3 | |
| DOC/TOC 비 | - | 0.65 | 0.92 | - | |
| SS(mg/L) | 120 | 133.6 | 30.1 | 77.5 | SS 처리효율 50 % 이상 |

<표 25> 응집공정 비정상 가동 상태

| 구분 | 배출허용기준 | 처리 전 | 처리 후 | 처리효율(%) | 비고 |
|-----------|--------|-------|-------|---------|-----------------------------|
| TOC(mg/L) | 75 | 95.8 | 90.4 | 5.6 | 처리 후 DOC/TOC > 0.7 이하 |
| DOC(mg/L) | - | 62.4 | 60.8 | 2.6 | |
| DOC/TOC 비 | - | 0.65 | 0.68 | - | |
| SS(mg/L) | 120 | 133.6 | 125.3 | 6.21 | SS 처리효율 50 % 이하 |

(2) 운영현황 점검 및 관리방안

- 응집공정의 처리기능이 미흡한 경우에는 폐수처리 운영 절차에 대한 전반적인 검토가 필요하며, 응집공정의 고려사항은 응집제의 선택 및 주입량 산정, 약품 주입 후 교반, 침전조의 운영 및 슬러지 관리로 크게 구분할 수 있음
 - 응집약품 점검
- 응집공정을 통한 처리 시 우선 고려해야하는 사항은 응집제의 선택으로 폐수의 성상에 따라 응집제별 처리효율의 편차가 발생하므로 폐수 성상과 알맞은 응집제의 선택이 필요함

- 응집제의 종류는 다양하게 있으나 일반적인 금속가공제품 제조 폐수에서는 황산알루미늄, 알루미늄산나트륨이 일반적으로 많이 사용되고 있으며, 적정 응집제 선택을 위해서는 Jar-Test를 실시하여 확인할 수 있으며, 약품별 TOC, SS 처리효율과 약품 투입량을 산정하여 경제적으로 처리가 가능한 약품을 선정하는 것이 바람직함

<표 26> 응집제의 종류 및 특징

| 구분 | 적용 pH 범위 | 특징 | 비고 |
|---------------|----------|--|----|
| 황산알루미늄 | 4.5-8.0 | - 가격이 저렴하며, 모든 부유물의 제거에 유효하며, 독성이 없음 - 적정 pH폭이 좁음 | |
| 알루미늄산나트륨 | < 7 | - 약알칼리성으로 산성폐수에 사용이 가능함 | |
| 염화제이철 | 9-11 | - Floc이 무거워 침강속도가 빠름 - 부식성이 높아 기계 및 설비 손상 우려가 있음 | |
| 황산제1철 | 9-11 | - 가격이 저렴하고 Floc이 무거워 침강속도가 빠름 - 부식성이 강하고 철이온이 잔류함 | |
| 폴리염화알루미늄(PAC) | 5-9 | - pH 범위가 넓음 - 생성된 플록의 침강속도가 빠름 - 가격이 비교적 비쌘 | |

○ 교반장치 점검

- 응집제를 투입한 후에는 폐수와 응집제의 혼합과 응집물(Floc)을 생성하기 위해서 교반을 실시하며, 교반속도에 따라 급속교반과 완속교반으로 구분함
- 급속교반은 응집제를 투입 후 폐수와 빠르게 섞는 것을 목적으로 하며, 보통 급속교반은 0.5~2분 정도가 적당하며, 교반속도는 속도경사(G)값을 지표로 사용하여 400~1500/s로 함
- 속도경사(G)값의 계산은 현장에서 어려움이 있으므로 약품과 폐수가 빠르게 혼합되도록 교반속도를 조정해야 하며, 전체 교반 후 응집상태 점검이 필요함
- 완속교반은 급속교반을 통해 생성된 응집물(Floc)을 크게 만드는 교반으로 통상

교반시간은 20~30분이 적당하며, 교반속도는 속도경사(G)값을 40~100/s로 유지하는게 적정함



응집제 주입 전

응집제 주입 및 교반 후

<그림 4> 응집물 형성 과정

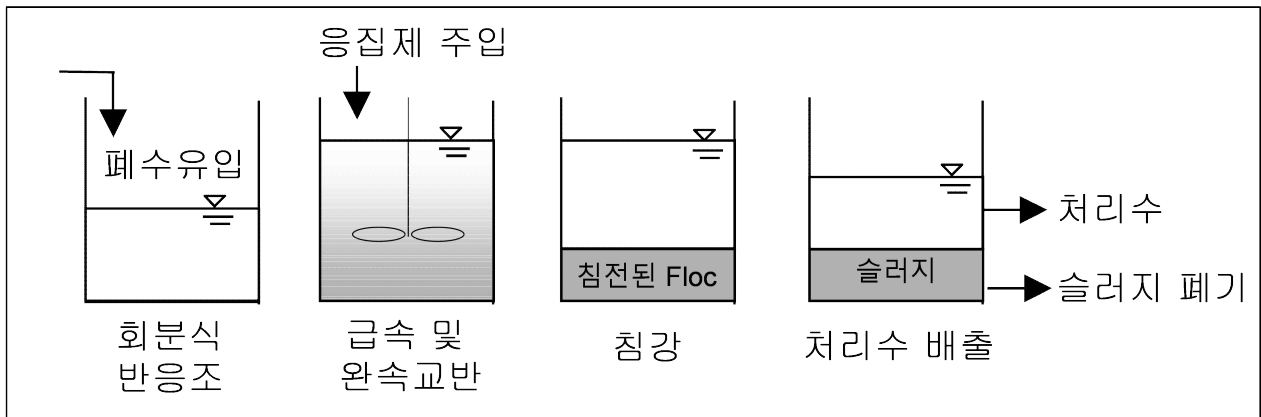
- 응집물(Floc)이 형성되지 않는 원인은 다양하게 있으나 폐수와 맞지 않는 응집제 사용한 경우, 폐수의 pH가 응집제 사용범위를 벗어난 경우, 응집제 주입 후 교반이 부족한 경우 응집물(Floc)이 제대로 형성되지 않을 수 있으므로 Jar-Test를 통해 점검이 필요함

○ 침전시설 점검

- 응집제 주입 후 교반을 통해 응집물(Floc)을 생성하고 고액분리를 통해 응집물(Floc)을 제거하는 시설이 침전시설이며, 생성된 응집물(Floc)은 중력의 의해 침강되어 하부로 이동하게 되며, 상등수는 처리수로 배출되고 하부의 응집물(Floc)은 슬러지로 처리됨
- 침전시설의 슬러지는 주기적으로 제거해야 하며, 장기간 방치하는 경우 침전조의 슬러지의 누적으로 처리수에 슬러지가 월류할 수 있으며, 침전조의 슬러지 부패에 의한 슬러지 부상 등 처리수질이 악화될 수 있음
- 응집공정의 침전시설은 연속식 응집과 회분식 응집에 따라 차이가 있으며, 설치된 응집공정의 구성에 따라 침전시설의 관리 및 슬러지 처리가 필요함

○ 회분식 처리시설

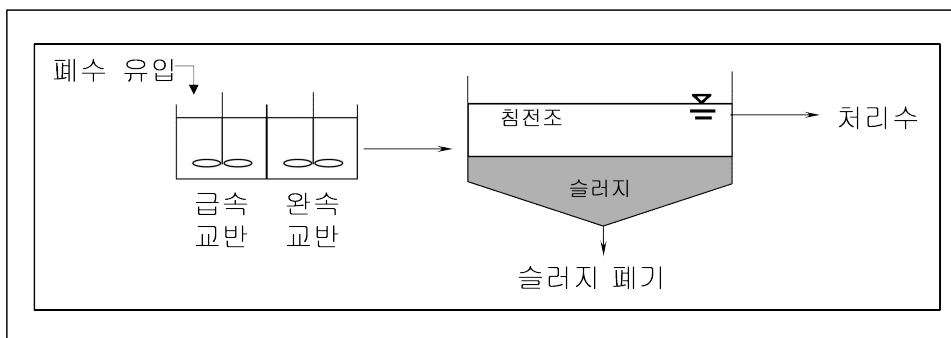
- 회분식 처리시설은 1회 처리 후 발생하는 응집물(Floc)의 침전물들을 배출하여 폐기물로 처리하여야 하며, 회분식 반응조는 응집반응조와 침전시설의 역할을 동시에 수행하기 때문에 슬러지를 처리하지 않고 폐수를 다시 주입 후 응집반응을 시키는 경우 응집물(Floc)이 생성되지 않는 문제가 발생할 수 있으므로, 1회 처리 후 즉시 슬러지를 폐기처리하도록 운영관리가 필요함



<그림 5> 회분식 응집처리시설

○ 연속식 처리시설

- 연속식 처리시설의 경우 지속적으로 슬러지 처리가 가능한 침전시설은 침전조의 슬러지를 주기적으로 제거하여야 하며, 슬러지가 과량 축적되어 유출되지 않도록 관리가 필요함



<그림 6> 연속식 응집처리시설

3) 여과시설

가. 개요

- 여과는 모래, 섬유 등의 여재를 이용하여 수중에 존재하는 입자성 물질을 물로부터 걸러내어 제거하는 목적이며, 물이 여재 사이를 통과하면서 입자성 물질이 여재를 통해 걸러내는 시설임
- 여과시설은 가압식 여과와 중력에 의한 자연유하 방식의 여과가 있으며, 여과시설의 여재는 모래, 섬유, 기타 여재 등이 사용되며, 일반적으로 가압식 여과는 섬유여재가 사용되며, 자연유하 방식의 여과는 일반적으로 모래를 여재로 사용함



가압식 모래여과



가압식 섬유여과

<그림 7> 여과시설

나. 운영현황 검토 및 관리방안

(1) 처리기능 검토

- 여과시설은 입자성 물질을 처리하는 공정으로 SS의 처리효율이 중요하며, 처리효율 점검은 여과공정 전후의 시료채취 및 TOC, DOC, SS 분석을 통해 확인할 수 있음



<그림 8> 여과시설 처리효율 점검 방법

- SS 처리효율은 최소 50 % 이상인 경우와 처리 후 DOC/TOC 비율은 0.7 이상인 경우 처리기능이 양호한 상태로 판단함
- 여과공정의 정상가동 상태 예시는 다음과 같음

<표 27> 여과공정 정상가동 상태

| 구분 | 배출허용기준 | 처리 전 | 처리 후 | 처리효율(%) | 비고 |
|-----------|--------|-------|-------------|-------------|-----------------|
| TOC(mg/L) | 75 | 95.4 | 25.9 | 72.9 | DOC/TOC > 0.7이상 |
| DOC(mg/L) | - | 25.9 | 22.4 | 17.6 | |
| DOC/TOC 비 | - | 0.27 | 0.86 | - | |
| SS(mg/L) | 120 | 140.5 | 11.2 | 92.0 | 50 % 이상 |

- 여과시설의 SS 처리효율이 50 % 이하이며, 처리 후 DOC/TOC 비가 0.7 이하인 경우 여과시설을 통한 입자성 물질에 대한 처리가 적정하게 이뤄지지 않는 비정상 가동 상태로 판단됨
- 여과공정의 비정상 가동 상태 예시는 다음과 같음

<표 28> 여과공정 비정상 가동 상태

| 구분 | 배출허용기준 | 처리 전 | 처리 후 | 처리효율(%) | 비고 |
|-----------|--------|-------|-------------|-------------|------------------|
| TOC(mg/L) | 75 | 95.4 | 85.9 | 10.0 | DOC/TOC > 0.7 이하 |
| DOC(mg/L) | - | 25.9 | 25.2 | 2.7 | |
| DOC/TOC 비 | - | 0.27 | 0.29 | - | |
| SS(mg/L) | 120 | 140.5 | 124.6 | 11.3 | 50 % 이하 |

(2) 운영현황 점검 및 관리방안

- 여과시설의 처리기능이 미흡한 경우에는 대부분 여재가 손상된 경우가 많으며, 여과시설의 관리방안은 여재의 종류와 가압식 여부 등에 따라 차이가 있음
 - 가압식 모래여재
 - 가압식 모래여과 시설의 경우 주기적인 역세척을 통해 관리하여 운영하며, 역세척을 실시하지 않는 경우 입자성 물질이 모래여재에 축적되어 폐색에 의한 여과속도의 저하 등의 문제가 발생할 수 있음
 - 여재의 교체는 역세척을 주기적으로 실시하는 경우 전체 교체가 필요하지 않으나 모래가 응집제나 슬러지 등과 결합 된 경우 해당 부분을 제거하고 보충하는 방식으로 운영 관리가 필요함
 - 자연유하식 모래여재
 - 자연유하식 모래여과는 중력에 의해 여과되는 공정으로 역세척이 가능한 경우 역세척을 주기적으로 실시하여 여과기능을 유지할 수 있음
 - 역세척 설비가 없는 시설의 경우 주기적으로 모래여재를 제거하여 세척 후 재충전하는 관리가 필요하며, 세척주기를 연장하기 위해서는 모래여재 위에 여과포 등을 설치하고 주기적으로 여과포의 교체를 통해 축적된 고형물을 제거하는 방식으로 운영할 경우 모래의 오염 방지를 통해 세척주기를 연장할 수 있음
 - 가압식 섬유여재
 - 가압식 섬유여재는 섬유필터에 의해 폐수의 입자성 물질이 처리되는 시설이며, 대부분의 섬유필터는 역세척을 실시하지 않고 교체를 통해 관리하며, 역세척 설비가 있는 경우에는 주기적인 역세척을 통한 관리가 필요함
 - 가압식 여과시설은 압력계가 설치되어 여과압력을 확인할 수 있으며, 여과압력을 통해 여재의 오염도와 손상 여부 등을 확인할 수 있음
 - 여과압력은 여재 교체 후 일반적인 여과압력의 확인이 필요하며, 주기적인 여과압력을 확인하여 사용시기가 길어질수록 입자성 물질의 축적에 의해 여과압력이 상승하게 되며, 일정 압력 이상으로 높아질 경우 여재의 손상이 발생하여 여과압력이 낮아지게 되며, 여재가 손상된 경우에는 여재의 교체가 필요함
 - 여과필터의 제원을 확인하여 사용가능한 범위의 여과압력을 확인하고 여과필터의 허용압력을 초과하는 경우에는 여재의 손상이 발생할 수 있으므로 여재 교체를 통한 관리가 필요함

4) 활성탄 흡착시설

가. 개요

- 활성탄 흡착은 각종 용존 난분해성 유기물질을 비롯한 미량의 유기물질이 활성탄에 흡착되어 제거되는 공정으로 색도, 탈취, 중금속의 제거 등에도 사용됨
- 활성탄 흡착시설은 가압식 시설과 자연유하식 시설이 있으며, 흡착시설의 활성탄은 일반적으로 입상 활성탄을 사용하며, 처리가 필요한 오염물질에 따라 활성탄의 크기와 종류는 차이가 있으나 일반적인 금속가공제품 제조시설의 유기물질 처리를 위한 활성탄은 석탄계 활성탄을 사용함



가압식 활성탄 흡착시설



자연유하식 활성탄 흡착시설

<그림 9> 활성탄 흡착시설

나. 운영현황 검토 및 관리방안

(1) 처리기능 검토

- 활성탄 흡착시설은 용존성 유기물질을 처리하는 공정으로 DOC의 처리효율이 중요하며, 활성탄 흡착시설의 처리효율 점검은 흡착시설 전후의 시료채취 및 TOC, DOC, SS 분석을 통해 확인할 수 있음



<그림 10> 활성탄 흡착시설 처리효율 점검 방법

- 활성탄 흡착을 통한 DOC 처리효율은 활성탄 접촉시간에 따라 처리효율의 차이가 발생할 수 있으며, 경제적인 처리를 위해 접촉시간을 조정하는 경우가 있으므로 DOC 처리효율이 30 % 이상인 경우는 처리기능이 양호한 상태로 판단함
- 활성탄 흡착시설의 정상가동 상태 예시는 다음과 같음

<표 29> 활성탄 흡착시설 정상가동 상태

| 구분 | 배출허용기준 | 처리 전 | 처리 후 | 처리효율(%) | 비고 |
|-----------|--------|-------|------|-------------|---------------------|
| TOC(mg/L) | 75 | 102.2 | 24.8 | 75.7 | |
| DOC(mg/L) | - | 94.5 | 23.4 | 75.2 | DOC 처리효율 30 % 이상 |
| SS(mg/L) | 120 | 32.6 | 15.4 | 52.8 | SS 처리효율 50 % 이상 |

- 활성탄 흡착시설의 DOC 처리효율이 30 % 이하인 경우 활성탄 흡착시설을 통한 용존성 유기물질에 대한 처리가 적절하게 이뤄지지 않는 비정상 가동 상태로 판단됨
- 다만, 처리시설의 유입수의 DOC가 저농도로 유입되어 활성탄 접촉시간을 짧게 조정하여 운영하는 경우에는 DOC의 처리효율이 30 % 이하여도 SS 처리효율이 50 % 이상인 경우에는 정상 가동상태로 판단함
- 활성탄 흡착시설의 비정상 가동 상태 예시는 다음과 같음

<표 30> 활성탄 흡착시설 비정상 가동 상태

| 구분 | 배출허용기준 | 처리 전 | 처리 후 | 처리효율(%) | 비고 |
|-----------|--------|------|------|------------|---------------------|
| TOC(mg/L) | 75 | 92.2 | 90.3 | 2.1 | |
| DOC(mg/L) | - | 73.3 | 68.4 | 6.7 | DOC 처리효율 30 % 이하 |
| SS(mg/L) | 120 | 31.2 | 30.2 | 3.2 | SS 처리효율 50 % 이하 |

(2) 운영현황 점검 및 관리방안

- 흡착시설의 처리기능이 미흡한 경우는 대부분 활성탄의 처리기능 상실이 주요 원인이며, 그 외의 활성탄의 종류, 활성탄 접촉시간, 유입수의 성상 등이 있음
- 흡착시설은 활성탄의 종류 및 운영방법에 따라 관리방안에 차이가 있음
 - 활성탄의 종류
 - 금속가공제품 제조시설에서 사용하는 활성탄은 일반적으로 유기물질 처리를 위한 석탄계 입상활성탄을 사용하고 있으나 사업장별 활성탄의 종류(야자계, 석탄계 등)와 입자 크기 등 사용하는 활성탄에 따라 오염물질의 처리효율과 교체주기는 차이가 발생할 수 있음
 - 활성탄의 접촉시간
 - 오염물질의 처리효율은 활성탄과의 접촉시간에 따라 차이가 발생하며, 활성탄과의 접촉시간이 길어질수록 오염물질의 처리효율은 상승하게 됨
 - 활성탄 접촉시간을 과도하게 길게 유지하게 되면 오염물질의 처리효율은 증가하나 활성탄의 교체주기가 짧아져 운영비용이 상승하게 되므로 배출허용기준 준수를 위한 적정 활성탄 접촉시간을 선정해야하며, 활성탄의 접촉시간은 자연유하방식은 별도로 시간을 조정하기 어려운 구조이나 가압식 흡착시설은 유입유량 및 여과속도를 조정하여 활성탄 접촉시간을 조정하여 운영할 수 있음
 - 활성탄의 교체주기
 - 활성탄의 교체는 활성탄이 오염물질을 흡착을 통해 처리하기 때문에 흡착할 수 있는 능력이 떨어져 오염물질을 처리할 수 없는 상태에서 교체가 필요하며, 활성탄의 교체주기는 유입수의 오염도와 처리유량, 운영현황에 따라 차이가 있으며, 처리시설에서는 주기적으로 흡착시설의 처리효율을 평가하여 처리효율이 저하된 경우 교체하여 운영관리가 필요함
 - 유입수 관리
 - 활성탄 흡착시설은 부유물질의 농도가 높게 유입되는 경우 흡착효율이 급격하게 낮아질 수 있으므로 일반적으로 활성탄 흡착시설 전에는 여과시설을 설치하여 입자성 물질을 제거하고 흡착시설로 처리하는 구조로 설계함
 - 처리시설 구성에 따라 입자성 물질을 처리하지 못하고 흡착시설을 운영하는 경우 입자성 물질이 축적되어 폐색 및 수로현상의 발생으로 폐수와 활성탄이 충분히 접촉하지 못 하고 유출되어 처리효율이 악화될 수 있으므로 이러한 경우에는 주기적인 역세척을 실시하여 폐색 및 수로현상이 일어나지 않도록 관리가 필요함

참고문헌

환경부, 공공폐수처리시설 설계지침, 2017

환경부, 하수도설계기준, 2022

한국환경공단, 2008~2009년 하수·분뇨처리시설 기술진단 사례집, 2011

환경관리공단, 환경신기술 설계편람, 2003

환경관리공단, 하수종말처리시설 고도처리 실태점검결과, 2004

[붙임 1] 변경허가, 신고 등 관련 서식

■ 물환경보전법 시행규칙 [별지 제12호서식] <개정 2021. 12. 10.>

**폐수배출시설 설치 [] 허가신청서
[] 신고서**

※ 뒤쪽의 작성방법을 읽고 작성하시기 바라며, []에는 해당되는 곳에 √ 표를 합니다. (앞쪽)

| 접수번호 | 접수일시 | 처리기간 | 뒤쪽참조 | |
|------------------|---|--|---|------------------|
| 신청 (신고인) | 사업장명 | | 사업자등록번호 | |
| | 대표자 | | | |
| | 주 소 | | | |
| | (전화번호:) | | | |
| 사업장 소재지 | | (전화번호:) | | |
| 신청 (신고) 내용 | 사업종류 (분류번호) | | 주생산품 | |
| | 설치개시 예정일 년 월 일 | | 가동개시 예정일 년 월 일 | |
| | 폐수배출시설 및 수질오염방지시설 | | | |
| | 폐수배출시설명 | 제품별 생산능력 (/일) | 폐수배출량 (m ³ /일) | 폐수처리의 방법 및 능력 |
| | | | | |
| | | | | |
| | 폐수배출시설의 조업시간 및 연간 가동일 ()시간/일, ()일/연 | | 수질오염방지시설의 조업시간 및 연간 가동일 ()시간/일, ()일/연 | |
| | 수질오염물질 배출항목 | | | |
| | 측정기기 부착항목 | | | |
| | 비점오염원 신고대상 | [] 해당(신고서 제출여부 []제출 []미제출) [] 해당없음 | | |
| | 사업장 부지면적(m ²) | | | |

「물환경보전법」 제33조제1항, 제34조제1항, 같은 법 시행령 제31조제5항 및 같은 법 시행규칙 제36조, 제37조제1항에 따라 폐수배출시설의 [] 설치허가를 신청 [] 설치를 신고 합니다.

년 월 일
(서명 또는 인)

신청(신고)인

시·도지사, 시장·군수·구청장 귀하

210mm×297mm[백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

| | |
|----------------|--|
| 첨부서류 | 1. 일반 제출서류: 다음 각 목의 서류 각 1부 가. 폐수배출시설의 위치도 및 폐수배출공정흐름도 나. 원료(용수를 포함합니다)의 사용명세 및 제품의 생산량과 발생할 것으로 예측되는 수질오염물질의 명세서(「물환경보전법 시행규칙」 별표 4 제1호다목 단서에 따른 폐수배출시설의 경우에는 따로 용수의 수질분석자료를 제출하여야 합니다) 다. 수질오염방지시설의 설치명세서 및 그 도면(설치신고를 하는 경우에는 도면을 배치도로 갈음할 수 있습니다) 또는 수질오염방지시설 설치면제 대상 폐수배출시설을 설치하는 경우에는 「물환경보전법 시행규칙」 제43조에 따라 제출하여야 하는 서류 라. 「물환경보전법 시행령」 별표 7 비고 제4호에 따른 측정기기 부착 일부항목 면제이유를 증명하는 서류 2. 폐수무방류배출시설을 설치하는 경우: 다음 각 목의 서류 각 1부 가. 제1호 각 목에 따른 서류 나. 「물환경보전법 시행령」 제31조제7항 각 호의 시설설치계획서와 그 도면 다. 「물환경보전법 시행령」 별표 6에 따른 세부설치기준 이행계획서와 그 도면 3. 공동방지시설을 설치하는 경우: 「물환경보전법 시행규칙」 제45조제1항 각 호에 따른 서류 각 1부 |
| 담당 공무원 확인사항 | 1. 법인인 경우 법인 등기사항증명서 2. 개인인 경우 사업자등록증 |

행정정보 공동이용 동의서

본인은 이 건 업무처리와 관련하여 담당 공무원이 「전자정부법」 제36조제1항에 따른 행정정보의 공동이용을 통하여 위의 담당 공무원 확인사항 중 제2호를 확인하는 것에 동의합니다. *동의하지 않는 경우에는 신청인이 직접 해당서류를 제출해야 합니다.

신청인(신고인)

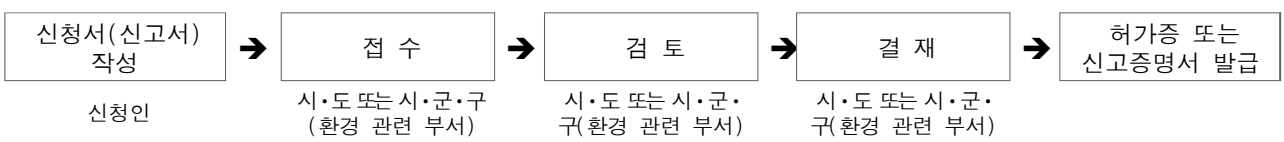
(서명 또는 인)

작성 방법

※ 처리기간: 10일(폐수무방류배출시설의 경우에는 60일)

1. 대표자란에는 법인의 경우 성명 대신 직함을 적어도 됩니다.
2. 폐수배출시설의 위치도에는 사업장 내 폐수배출시설의 위치, 용수·폐수의 흐름과 그 양을 측정할 수 있는 기기의 부착위치 및 종류를 표시하고, 폐수배출공정흐름도에는 원료의 최초 투입부터 최종제품이 생산될 때까지의 전 공정에 대하여 원료·부원료·첨가물, 용수의 투입점과 폐수·폐기물 및 제품의 배출점(정비 시의 배출점은 제외합니다)을 나타내야 하며, 복수 또는 다수의 공정인 경우에는 이를 각각 나타내야 합니다.
3. 원료(용수를 포함합니다)의 사용 명세 및 제품의 생산량과 발생할 것으로 예측되는 수질오염물질의 명세서의 작성방법은 아래와 같습니다.
 가. 원료·부원료·첨가물의 사용량 및 제품생산량은 월간 및 연간 최대량·평균량을 적되, 다수의 폐수배출시설이 일련의 연속공정인 경우에는 각각의 시설별로 작성하지 아니하고 일괄하여 작성할 수 있습니다.
 나. 용수는 공급원(지하수·하천수 등)별 및 사용목적(공정용수·간접냉각수 등)별 일일 최대량·평균량을 적어야 하고, 「물환경보전법 시행규칙」 별표 4 제1호다목 단서에 따른 폐수배출시설의 경우 제출하는 용수의 수질분석자료는 「먹는물관리법」 제43조제2항에 따른 먹는물수질검사기관에서 분석한 자료를 제출하여야 합니다.
 다. 수질오염물질 발생예측서에는 발생 수질오염물질의 종류, 오염도, 폐수량, 폐기물량에 대한 최대·평균 예측치 및 산출방법을 표시하여야 합니다.
4. 수질오염방지시설설치명세서는 폐수처리계통도, 처리방법, 처리능력, 처리효율, 시설명칭 및 용량, 운전요령과 발생된 폐기물의 처리방법(재생방법, 이용방법, 사업장 안에서 스스로 처리하거나 위탁처리하는 방법)이 포함되어야 하며, 그 도면에는 방지시설업 등록사항 및 설계자, 최종 방류수량 및 방류수질을 확인할 수 있는 계측기의 부착 위치(해당 사업장으로 한정합니다), 최종방류구의 위치가 표시되어야 합니다.
5. 폐수무방류배출시설의 세부 설치기준 이행계획서에는 처리수의 재이용방법이 포함되어야 하고, 재이용량을 확인할 수 있는 계측기의 부착 위치가 표시되어야 합니다.
6. 「물환경보전법 시행령」 제72조제3항, 제4항 및 제5항제2호에서 정하는 비점오염원 신고대상 여부를 확인하여 비점오염원 신고대상란에 표기하고, 신고대상인 경우 관할 행정관청에 신고하여야 합니다.

처리 절차



* 210mm×297mm[백상지(80g/㎡) 또는 중질지(80g/㎡)]

폐수배출시설 변경 [] 허가신청서 [] 신고서

※ 아래 작성방법을 읽고 작성하시기 바라며, []에는 해당되는 곳에 √ 표를 합니다.

(앞쪽)

| 허가(신고)번호 | 제 호 | 접수일시 | 처리기간 | 뒤쪽참조 |
|--------------|----------|---|---------|------|
| 신청인 (신고인) | 사업장명 | | 사업자등록번호 | |
| | 대표자 | | | |
| | 주 소 | | | |
| | (전화번호:) | | | |
| | | 사업장 소재지 | | |
| | | (전화번호:) | | |
| 설치개시 예정일 | | 가동개시 예정일 | | |
| 변경사항 | 변경 전 | | 변경 후 | |
| | | | | |
| 비점오염원 신고대상 | | [] 해당(신고서 제출여부 []제출 [] 미제출) [] 해당없음 | | |
| | | 사업장 부지면적(㎡) | | |

[] 「물환경보전법」 제33조제2항 본문, 제34조제1항, 같은 법 시행령 제31조제5항 및 같은 법 시행규칙 제37조제2항에 따라 폐수배출시설의 변경허가를 신청합니다.

[] 「물환경보전법」 [] 제33조제2항 단서 [] 제33조제3항 및 같은 법 시행규칙 제38조제3항에 따라 폐수 배출시설 등의 변경사항을 신고합니다.

년 월 일

신청인(신고인)

(서명 또는 인)

시·도지사, 시장·군수·구청장 귀하

| | | |
|----------------|---|--|
| 첨부서류 | 1. 폐수배출시설 설치허가증 원본 또는 설치신고증명서 원본 2. 변경내용을 증명하는 서류 1부 | 수수료(변경허가신청) 5,000원 (정보통신망을 이용할 경우 4,000원) |
| 담당 공무원 확인사항 | 1. 법인인 경우 법인 등기사항증명서 2. 개인인 경우 사업자등록증 | |

행정정보 공동이용 동의서

본인은 이 건 업무처리와 관련하여 담당 공무원이 「전자정부법」 제36조제1항에 따른 행정정보의 공동이용을 통하여 위의 담당 공무원 확인사항 중 제2호를 확인하는 것에 동의합니다. *동의하지 않는 경우에는 신청인이 직접 해당서류를 제출해야 합니다.

신청인(신고인)

(서명 또는 인)

작성 방법

「물환경보전법 시행령」 제72조제3항, 제4항 및 제5항제2호에서 정하는 비점오염원 신고대상 여부를 확인하여 비점오염원 신고대상란에 표기하고, 신고대상인 경우 관할 행정관청에 신고하여야 합니다.

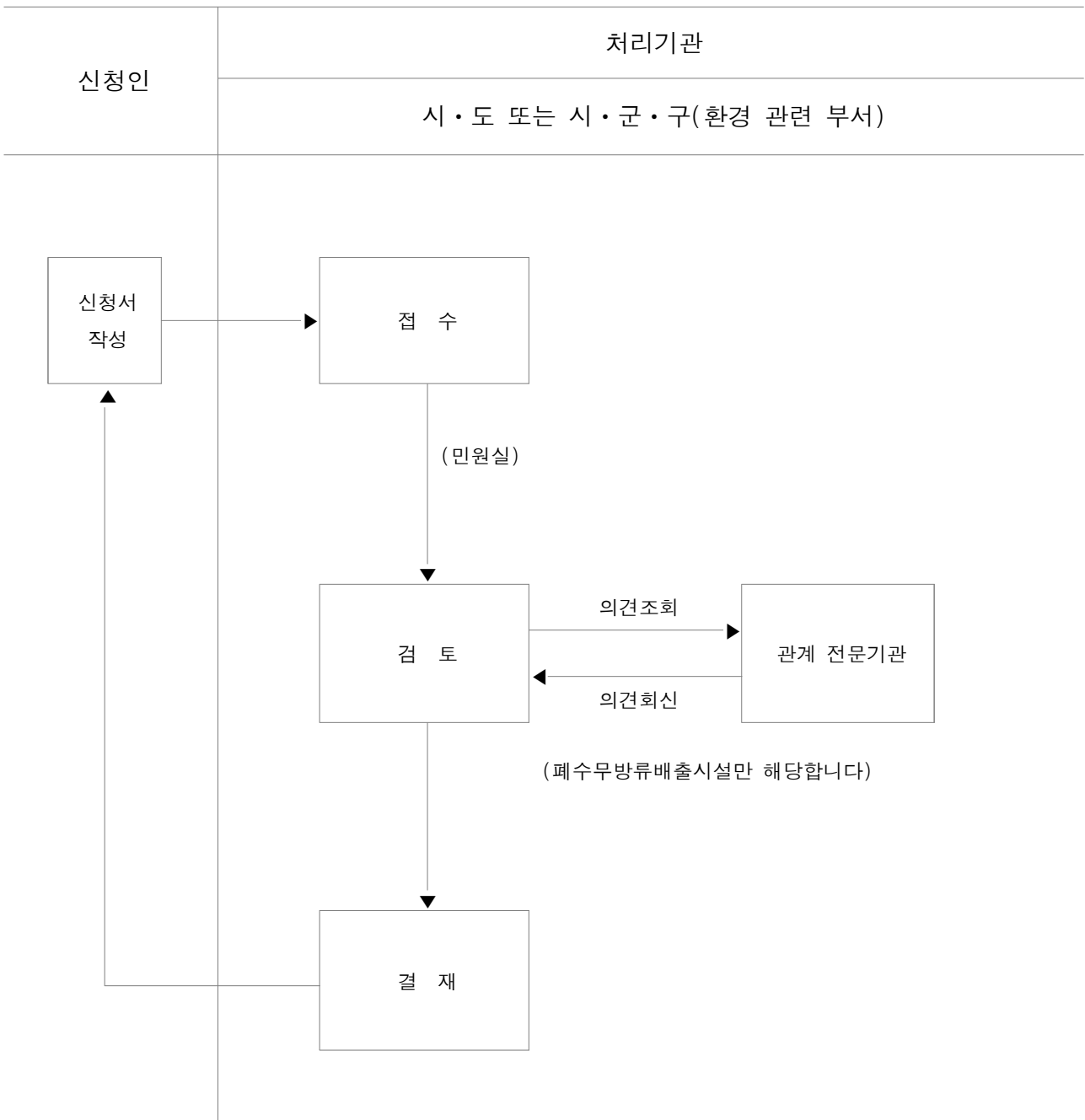
210mm×297mm[백상지(80g/㎡) 또는 중질지(80g/㎡)]

※ 처리기간

- 변경허가 : 7일(폐수무방류배출시설의 경우에는 60일)
- 변경신고 : 5일. 다만, 시설의 전부 폐업, 사업장의 명칭변경, 대표자 변경의 경우에는 즉시 처리됩니다.

처 리 절 차

※ 이 서류는 아래와 같이 처리됩니다.



210mm×297mm[백상지(80g/㎡) 또는 중질지(80g/㎡)]

(앞 쪽)

폐수배출시설 및 수질오염방지지설 운영일지

| | | | | |
|--------|-------|-----|-----|-----|
| 결 재 | 환경기술인 | 부서장 | 공장장 | 대표자 |
| | | | | |

년 월 일 요일

날씨:

온도:

1. 폐수배출시설 가동(조업)시간대

| 시간대 구분 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2. 수질오염방지지설 가동시간대(처리방법:)

| 시간대 구분 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|---------------------|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 시간대별 근무자 직·성명 | ※ 시간대 표시는 검은색 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

3. 용수 공급원별 사용량과 폐수배출량

| 구분 | 항목 | 전일 지침 (m³) | 금일 지침 (m³) | 사용량 (m³/일) | 검침 시간대 | 구분 | 항목 | 전일 지침 (m³) | 금일 지침 (m³) | 배출량 및 사용량(m³/일) |
|---------------|----|---------------|---------------|---------------|-----------|----|-------------|---------------|---------------|--------------------|
| 계 | | | | | | | 폐수발생량 | | | |
| 상수 도 | 1호 | | | | | | 폐수배출량 | | | |
| | 2호 | | | | | | | | | |
| 공업 용수 | 1호 | | | | | | 냉각수량 | | | |
| | 2호 | | | | | | | | | |
| 지하 수 | 1호 | | | | | | 소모 (증발량) | | | |
| | 2호 | | | | | | | | | |
| 하천 수 | 1호 | | | | | | 재사용량 | | | |
| | 2호 | | | | | | | | | |
| 해수 등 기타 | 1호 | | | | | | 생활용수량 | | | |
| | 2호 | | | | | | | | | |

4. 슬러지의 발생량 및 처리량

| 슬러지발생량(m³) | 처리량(m³) | 보관량(m³) | 함수율(%) | 보관장소 |
|------------|---------|---------|--------|------|
| | | | | |
| | | | | |

※ 함수율(%)란은 슬러지를 처리하는 경우 또는 슬러지를 적정하게 관리·처리할 수 있는 주기(월 1회 등)마다 작성합니다.

※ 슬러지를 스스로 처리하는 경우 그 처리장소:

※ 위탁처리를 하는 경우 위탁처리업소명:

210mm×297mm[일반용지 60g/m²(재활용품)]

(뒤 쪽)

5. 원료 또는 첨가제 등의 사용량

| | | | | | | | | | |
|-------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 원료 또는 첨가제 등 | | | | | | | | | |
| 사용량(kg) | | | | | | | | | |

※ 일반적으로 사용되는 용어 또는 공통어로 기재합니다.

6. 전력사용량

| 가동시간 | 사용량 (kWh) | 금일 폐수 1m ³ 당 소모전력량(kWh/m ³) | 검침시간 | 적산전력계 지침 | 참고사항 |
|------|-----------|--|------|----------|------|
| | | | | | |

7. 약품사용량

| 약품명 | 구입량 | 약품 소모량 | 잔량 | 비고 | 약품명 | 구입량 | 약품 소모량 | 잔량 | 비고 |
|-----|-----|--------|----|----|-----|-----|--------|----|----|
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

8. 폭기조 운전상태(생물화학적 처리시설의 경우)

| pH | 수온 | DO | SV30 | MLSS | SVI | 폭기시간 | 주미생물상태 |
|----|----|----|------|------|-----|------|--------|
| | | | | | | | |

※ 미생물 관찰: 현미경 보유(600배율 이상), 주미생물상태는 양호 또는 불량으로 적습니다.

9. 수질오염방지시설 고장 유무 및 특기사항

10. 수질오염물질 측정내용

| 구분 \ 항목 | pH | BOD | TOC | COD | SS | n-Hex | 시안 (CN) | Cu | | | | 분석일 |
|---------|-----|-----|-----|-----|----|-------|---------|----|--|--|--|-----|
| | 원폐수 | | | | | | | | | | | |
| 방류수 | | | | | | | | | | | | |

※ 사업장에서 분석하는 경우 분석자명:

※ 분석을 위탁하는 경우 측정대행업소명:

11. 수질자동측정기기 등의 측정항목별 점검내용

| 구분 \ 항목 | pH | BOD | TOC | COD | SS | T-N | T-P | 유량계 | 시료채취조 |
|---------------------------|------|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-------|
| | 청소상태 | | | | | | | | |
| 시료도입[튜브 (tubing: 배관)류] 상태 | | | | | | | | | |
| 시약류 주입상태 | | | | | | | | | |
| 센서류 작동여부 | | | | | | | | | |
| 소모품 교체 | | | | | | | | | |

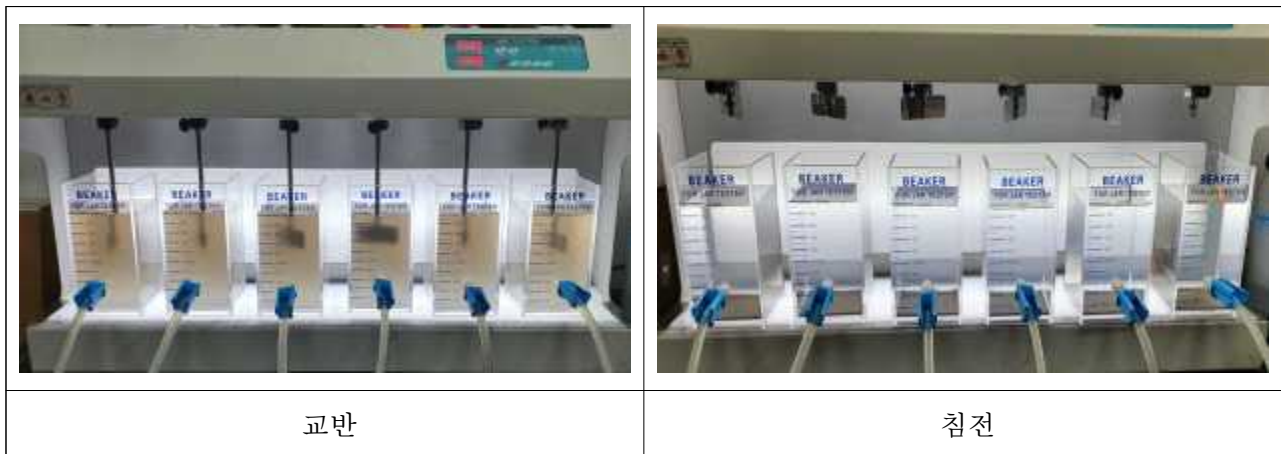
12. 지도·점검을 받은 사항

※ 제1호부터 제4호까지는 폐수처리방법 등 사업장 특성을 고려하여 해당 부분을 반드시 적어야 하며, 제5호부터 제12호까지는 사업자의 판단에 따라 선택적으로 적을 수 있습니다.

[붙임 2] 응집실험(Jar-Test)

○ 응집실험(Jar-Test) 개요

- Jar-Test는 응집공정에서 사용하는 응집제의 선택 및 최적 주입량과 pH 조건에 따른 응집효율 등 실제로 응집공정을 운영하기 위한 조건을 도출하는 실험임
- 응집효율은 응집공정을 통해 저감 하고자 하는 물질에 따라 차이가 있으며, 일반적인 금속가공제품 제조시설의 경우 유기물질은 TOC와 부유물질은 탁도를 처리기준으로 하여 처리효율을 평가하고 중금속 처리가 필요한 시설은 해당 중금속을 처리기준으로 처리효율 평가를 실시함



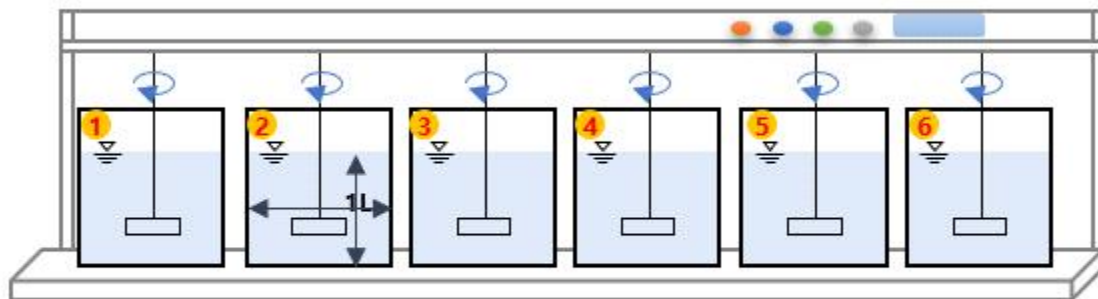
Jar-Test

○ 응집실험(Jar-Test) 방법

- 응집실험은 우선 응집제의 선택과 응집제별 최적 주입량 산정을 실시하고 최적 주입량을 토대로 최적 pH를 도출하는 과정으로 실시하며, 일반적인 금속가공제품 제조시설은 유입수의 pH는 중성 범위로 유입되고 있으며, 별도의 pH 조정 등을 통한 운영관리에 어려움이 있으므로 응집제별 처리효율 및 최적 주입량을 산정하는 과정으로 운영조건을 최적화하여 개선을 실시함

< 응집제 및 주입량 산정을 위한 Jar-Test 방법>

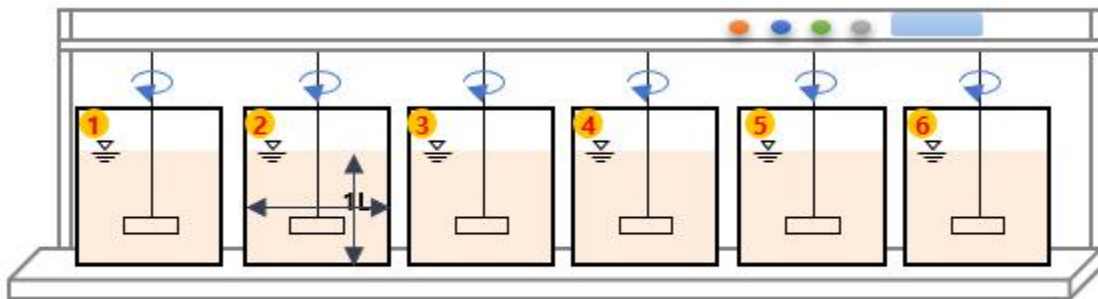
- 1) 응집과정으로 유입되기 전 폐수 채취 및 폐수의 TOC, 탁도 분석
- 2) 6개의 비이커에 채취한 폐수를 각각 1 L 주입
- 3) Jar-Test에 사용할 응집제 선정(PAC, 황산알루미늄 등)
- 4) 선정된 응집제를 각각의 비이커에 5, 10, 20, 30, 40, 50 mg/L 주입
- 5) 응집제 주입 후 교반기를 이용하여 급속교반(120 RPM, 1분) 및 완속교반(60 RPM, 15분) 실시
- 6) 교반이 끝난 후 약 1시간 정지하여 침전 후 각각의 비이커 상등액 시료 채취
- 7) 채취한 시료에 대해 TOC, 탁도 분석
- 8) 실험 원수의 TOC, 탁도와 Jar-Test 후 응집제 주입량 별 TOC, 탁도 값 비교
- 9) 응집제별 TOC, 탁도 처리효율을 비교하여 응집제 선택
- 10) 응집제 주입량별 TOC, 탁도 처리효율을 비교하여 최적 주입량 선정



1. pH 고정
2. 응집제 주입량 변경(5, 10, 20, 30, 40, 50)mg/L

< 최적 pH 도출을 위한 Jar-Test 방법 >

- 1) 응집공정으로 유입되기 전 폐수 채취 및 폐수의 pH, TOC, 탁도 측정
- 2) 6개의 비이커에 채취한 폐수를 각각 1 L 주입
- 3) 각 비이커에 채워진 폐수의 pH를 4, 5, 6, 7, 8, 9로 맞춤
- 4) 이때 pH를 조절하기 위해서 1M H₂SO₄, 1M NaOH를 사용함
- 5) pH를 맞춘 후 각 비이커에 응집제를 동일한 양을 주입함
- 6) 응집제 주입 후 교반기를 이용하여 급속교반(120 RPM, 1분) 및 완속교반(60 RPM, 15분) 실시
- 7) 교반이 끝난 후 약 1시간 정지하여 침전 후 각각의 비이커 상등액 시료 채취
- 8) 채취한 시료에 대해 TOC, 탁도 분석
- 9) 실험 원수의 TOC, 탁도와 Jar-Test 후 pH 별 TOC, 탁도 값 비교
- 10) pH 별 TOC, 탁도 처리효율을 고려하여 최적 pH 산정



1. 응집제 종류 및 응집제 주입량 고정
2. pH 변경(pH 4, pH 5, pH 6, pH 7, pH 8, pH 9)

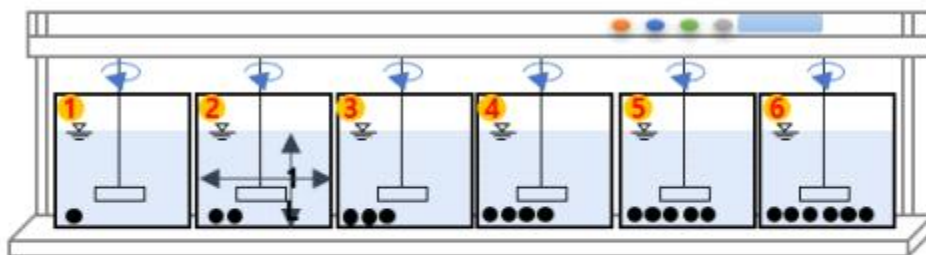
[붙임 3] 활성탄 흡착실험

○ 활성탄 흡착실험 개요

- 활성탄 흡착실험은 운영 중인 활성탄 흡착시설의 활성탄 소모량을 도출하여 처리시설의 활성탄 교체주기 산정을 목적으로 하는 실험임
- 활성탄 교체주기 산정을 위해서는 등온흡착식을 도출해야 하며, Freundlich 등온흡착식과 Langmuir 등온흡착식 2가지 방법이 있으며, 등온흡착식의 선택은 실험결과에 따라 상관관계가 높은 등온흡착식을 사용하며, 등온흡착식별 상관관계는 폐수의 성상 및 활성탄의 종류 등 다양한 원인에 의해 차이가 발생할 수 있음

<활성탄 교체주기 산정을 위한 흡착실험 방법>

- 1) 활성탄 흡착시설로 유입되기 전 폐수 채취 및 폐수의 TOC 측정
- 2) 6개의 비이커에 채취한 폐수를 각각 1 L 주입
- 3) 활성탄*을 각각의 비이커에 20, 50, 100, 200, 400, 600 mg 주입
- 4) 활성탄 주입 후 교반기를 이용하여 교반을 실시
- 5) 흡착 평형 후 시료를 여과 채취하여 TOC 분석(흡착 평형은 24시간 이상)



1. 6개의 비이커에 폐수를 동일하게 분취
2. 동일하게 분취된 비이커에 활성탄을 무게별로 각각 주입

* 실험에 사용하는 활성탄은 증류수로 세척하여 물에 뜨거나 입자가 작은 불순물을 제거하고 105 오븐에서 2일 동안 건조한 후 사용

<활성탄 흡착실험 결과 산출 방법(Freundlich 등온흡착식)>

● Freundlich 등온흡착식 계산 방법

Freundlich 등온흡착식 : $X/M = k \cdot C_e^{1/n}$

X : 흡착된 TOC의 양(mg), M : 활성탄의 양(g), C_e : 평형농도, k, n : 실험 상수

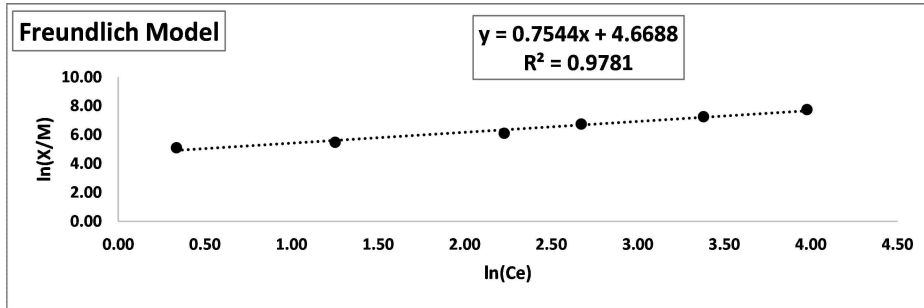
X(흡착된 TOC의 양) = 실험 원수 TOC 농도 - 평형농도(교반 후 TOC 농도)

M(활성탄의 양) = 각각 비이커에 주입한 활성탄양(20, 50, 100, 200, 400, 600 mg)

C_e (평형농도) = 각각 비이커별로 흡착평형(약 24시간 교반 후) 후의 TOC 농도

Ex) 실험원수 TOC 농도는 100 mg/L이며, 흡착 실험결과는 다음 표와 같음

| X(mg) | M(g) | C_e (mg/L) | X/M(mg/g) | $\ln(C_e)$ | $\ln(X/M)$ |
|-------|------|--------------|-----------|------------|------------|
| 46.6 | 0.02 | 53.4 | 2330.00 | 3.98 | 7.75 |
| 70.6 | 0.05 | 29.4 | 1412.00 | 3.38 | 7.25 |
| 85.5 | 0.1 | 14.5 | 855.00 | 2.67 | 6.75 |
| 90.7 | 0.2 | 9.3 | 453.50 | 2.23 | 6.12 |
| 96.5 | 0.4 | 3.5 | 241.25 | 1.25 | 5.49 |
| 98.6 | 0.6 | 1.4 | 164.33 | 0.34 | 5.10 |



- 도출된 수식 $y=0.7544x+4.6688$ 에서 기울기는 $1/n$ 값이며, y절편은 $\ln(k)$ 값으로 $1/n$, k 값을 산출할 수 있음($1/n = 0.7544$, $k = 106.5698$)

1일 활성탄 사용량(kg/d) = $\frac{(C_0 - C_e) \times Q}{X/M}$

C_0 : 활성탄 흡착탑 TOC 유입농도(mg/L), C_e : 처리수 TOC 농도(mg/L), Q : 처리유량(m³/일)

- 유입수 100 mg/L, 처리수 30 mg/L, 처리유량 5 m³/일로 운영하는 흡착시설인 경우

: $X/M = k \cdot C_e^{1/n} = 106.5698 \cdot 30^{1/0.7544} = 1386.67$

: 1일 활성탄 사용량(kg/d) = $\frac{(C_0 - C_e) \times Q}{X/M} = \frac{(100 - 30) \times 5}{1386.67} = 0.25 \text{ kg/d}$

- 활성탄 흡착시설의 활성탄 충전량이 20 kg인 경우 교체주기는 80일로 산정됨

: 활성탄 충전량(20 kg) / 활성탄 사용량(0.25 kg/d) = 80일

<활성탄 흡착실험 결과 산출 방법(Langmuir 등온흡착식)>

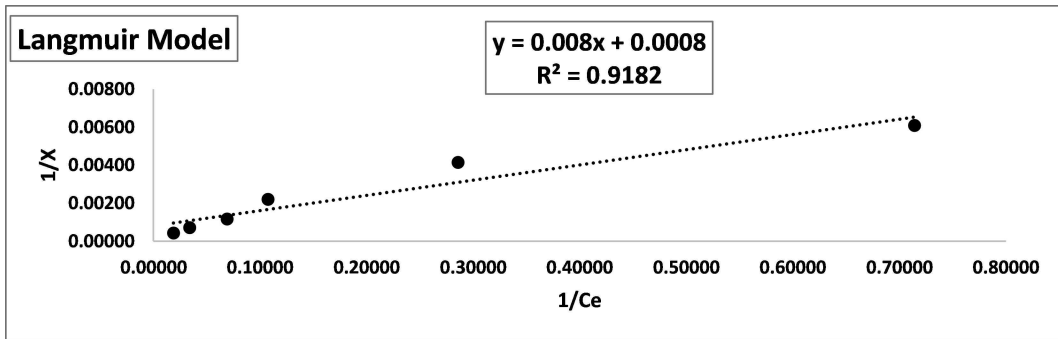
● Langmuir 등온흡착식 계산 방법

$$\text{Langmuir 등온흡착식} : X/M = \frac{abC_e}{1+aC_e}$$

X : 흡착된 TOC의 양(mg), M : 활성탄의 양(g), C_e : 평형농도, a, b : 실험 상수

Ex) 실험원수 TOC 농도는 100 mg/L이며, 흡착 실험결과는 다음 표와 같음

| X(mg) | M(g) | C _e (mg/L) | X/M(mg/g) | 1/C _e | 1/(X/M) |
|-------|------|-----------------------|-----------|------------------|---------|
| 46.6 | 0.02 | 53.4 | 2330.00 | 0.01873 | 0.00043 |
| 70.6 | 0.05 | 29.4 | 1412.00 | 0.03401 | 0.00071 |
| 85.5 | 0.1 | 14.5 | 855.00 | 0.06897 | 0.00117 |
| 90.7 | 0.2 | 9.3 | 453.50 | 0.10753 | 0.00221 |
| 96.5 | 0.4 | 3.5 | 241.25 | 0.28571 | 0.00415 |
| 98.6 | 0.6 | 1.4 | 164.33 | 0.71429 | 0.00609 |



- 도출된 수식 $y=0.7544x+4.6688$ 에서 기울기는 $1/ab$ 값이며, y절편은 $1/a$ 값으로 a, b값을 산출할 수 있음($a = 1250, b = 0.1$)

$$\text{1일 활성탄 사용량(kg/d)} = \frac{(C_0 - C_e) \times Q}{X/M}$$

C₀ : 활성탄 흡착탑 TOC 유입농도(mg/L), C_e : 처리수 TOC 농도(mg/L), Q : 처리유량(m³/일)

- 유입수 100 mg/L, 처리수 30 mg/L, 처리유량 5 m³/일로 운영하는 흡착시설인 경우

$$: X/M = \frac{abC_e}{1+aC_e} = \frac{1250 \cdot 0.1 \cdot 30}{1+1250 \cdot 30} = 937.50$$

$$: \text{1일 활성탄 사용량(kg/d)} = \frac{(C_0 - C_e) \times Q}{X/M} = \frac{(100 - 30) \times 5}{937.50} = 0.37 \text{ kg/d}$$

- 활성탄 흡착시설의 활성탄 충전량이 20 kg인 경우 교체주기는 약 54일로 산정됨

$$: \text{활성탄 충전량(20 kg)} / \text{활성탄 사용량(0.37 kg/d)} = 54 \text{ 일}$$

<운수·세차업종의 폐수처리시설 운영 안내서>

1. 본 운수·세차업종의 폐수처리시설 운영 안내서는 한국환경공단에서 수행한 기술지원을 바탕으로 작성되었습니다.
2. 본 운수·세차업종 폐수처리시설 운영 안내서의 복제 및 배포 또는 외부 발표 등에 활용할 경우에는 한국환경공단(생태독성관리부)과 협의 후 사용하시기 바랍니다.
3. 본 안내서의 내용에 관한 문의사항은 아래 문의처로 연락 주시기 바랍니다.

□ 기술지원 수행기관

- 한국환경공단(물환경관리처 생태독성관리부, Tel: 032-590-3981~4)



TOC 기술지원
신청 바로가기