

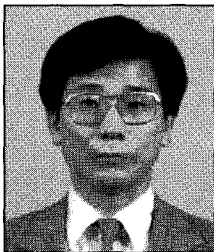
카본계 접촉여재와 흡착제를 이용한 난분해성 폐수처리<>



정위득 / (주)한국퓨어테크 대표이사, 수질관리 기술사

목 차

1. 서론
2. 카본계 접촉여재와 흡착제의 특성
 - 2.1 입상활성화석탄과 물리적 특성
 - 2.2 입상활성화석탄과 화학적 조성
 - 2.3 기초실험에 의한 특성
3. 반응기구
 - 3.1 흡착의 반응기구
 - 3.2 생물막법의 원리와 특성
4. 공정 시스템별 처리결과 및 고찰
 - 4.1 카본계 접촉여재만 적용한 D하수처리장의 pilot 실험
 - 4.2 카본계 접촉여재와 흡착제를 이용한 D분뇨처리장의 성능 개선 및 축산폐수 처리 pilot 실험
 - 4.3 카본계 접촉여재와 흡착제를 이용한 D시 침출수 처리 pilot 실험결과
5. 결론
6. 참고문헌



정위득

- 48년 출생
- 한양대 화공과, 한양대 환경대학원 졸업
- 환경오염방지 기술지원단 기술위원(한강환경관리청), 용자심사위원(환경관리공단), 환경시설 기술진단 외부전문 기술인력(환경관리공단), (주)한국퓨어테크 대표이사
- 자격, 화공기사 1급, 환경관리기술사(수질관리), C. W. S-1

1. 서론

국내의 난분해성 폐수처리중 가장 심각한 부분이 축산폐수, 분뇨, 침출수의 처리에 대한 단위처리로 방류수질을 만족시키기에 어려움을 겪고 있어, 급기야 하수처리장에 병합처리하는 대안을 제시하여 운영의 활로를 찾아내어 보려는 형편이다.

그러나 하수처리장을 유형별로 보면 생활하수만 처리하는 곳과 공장폐수가 혼합유입되는 곳으로 분류하였지만, 앞으로는 축산폐수, 분뇨, 침출수의 전처리수를 병합처리 하는 곳을 합하여 3가지로 분류할 수 있다.

현재까지 국내에 보급된 하수처리장은 BOD, SS의 오탁물제거를 목적으로 설계하여 표준활성슬러지공정으로 운영하고 있는 상황에서 질소와 인의 제거효율이 낮아 호수, 하천, 연안해역 등 방류수역의 부영양화가 가속되고 있으며, 이로인한 2차오염도 날로 심각해지고 있다.

이러한 상황에서 기존 하수처리장의 성능 개선없이 하수처리장의 방류수질만 만족시키도록 수리상 회석의 개념을 도입한 고효능 난분해성 폐수를 병합처리하는 계획으로 인하여 배출총량은 고효능 난분해성 폐수를 직접 방류하는 것과 유사한 양상으로 전개되고 있다.

이에 지역별로 고효능 난분해성 폐

기존시설의 부분개조와 보완만으로 효율을 증대시키고, 아울러 고농도 난분해성 폐수를 처리할 수 있도록 생물막 처리방법의 일종인 카본계 접촉여재와 흡착능이 뛰어난 흡착제를 생물학적 폐수처리에 동시에 적용한 연구사례를 폐수의 종류별로 운전조건을 변화시켜 결과를 도출하고자 한다.

수를 단위공정에서 완전처리 하던지, 기존의 하수처리장의 시설 또는 운전기술을 보완하여 총량적인 오염물의 배출을 억제하여, 명실공히 환경보전 또는 개선을 피하여 심각한 상황에 처한 현실을 극복하고자 우리 모두가 노력하여야 한다.

그래서 기존시설의 부분개조와 보완만으로 효율을 증대시키고, 아울러 고농도 난분해성 폐수를 처리할 수 있도록 생물막 처리방법의 일종인 카본계 접촉여재와 흡착능이 뛰어난 흡착제를 생물학적 폐수처리에 동시에 적용한 연구사례를 폐수의 종류별로 운전조건을 변화시켜 결과를 도출하고자 한다.

2. 카본계 접촉여재와 흡착제의 특성

카본계 접촉여재는 HDP(High Density Polypropylene)로 제작된 직경 7cm, 두께가 약 2.5cm인 격자상의 매질 내부에 저품위의 석탄을 원료로 제조된 입상의 활성화된 석탄을 채운 것으로 생물막 부착성장공법에 의한 폐수처리시 매질로 사용되는 것이며, 카본계 흡착제는 200mesh의 분말상으로 성능이 우수한 활성탄에 노하우로 주장되는 특수물질을 혼합한 것이며, 흡착 외에도 독특한 작용이 있는 것으로 알려지고 폭기조에 직접 투입하여 침전조에서 침강 제거 되는 것인데, 이 두 물질의 개별화된 특성이 폭기조내의 생물학적처리 공정에서 상호 특성보완을 도모함으로써 난분해성폐수를 효율적으로 처리하는 것이다.

2.1 입상활성화석탄과 물리적특성

카본계의 일반 시약용 활성탄 및 공업용 활성탄에 대한 물리적 특성을 비교하여 <표 2.1>에 나타내었다.

<표 2.1> 카본계 물질의 물리적 특성비교

구 분	입상활성화석탄	흡착제	시약용활성탄	공업용활성탄
겉보기 밀도(gr/cm ³)	0.59	0.35	-	-
비표면적(B.E.T식)	476	1,046	1,047	1,217
Iodine수(mg/gm)	422	943	946	1,092
총공극부피(cm ³ /gr)	0.23	0.62	0.51	0.61
평균공극크기(A)	14.8	17.7	14.9	15.2

2.2 입상 활성화석탄과 화학적 조성

입상활성화석탄과 카본계의 일반활성탄의 유기물 원소 구성을 비교하여 <표 2.2>에 나타내었다.

<표 2.2> 유기물원소 구성 측정결과

(단위 : %)

항 목	입상활성화석탄	흡착제	Norit 활성탄	Darco 활성탄
휘발성물질	2.25	3.93	2~3	0.5
탄소(C)	90.44 ± 0.11	90.51 ± 0.44	93~96	65~70
수소(H)	1.07 ± 0.02	0.40 ± 0.01	-	-
산소(O)	5.77 ± 0.28	3.95 ± 0.06	-	-
질소(N)	0.72 ± 0.08	0.43 ± 0.09	-	-
황(S)	0	0	-	-

2.3 기초실험에 의한 특성

1) pH 완충능력

pH가 3~11범위의 각 용액 200 l 에 입상활성화석탄, 흡착제, 시약용활성탄, 공업용활성탄을 각각 20gr씩을 넣고 분당 150회로 진탕하면 6시간 이후에는 pH가 각각 7.33~8.60, 11.36~11.54, 10.96~10.99, 10.99~11.04로 점진적으로 변화 되었다.

입상활성화 석탄은 pH=8, 나머지는 pH=11을 중심으로 유지시킬 수 있는 완충능력이 있는 것으로 나타났다.

2) 양이온 교환능력

입상활성화석탄, 흡착제, 시약용활성탄, 공업용활성탄

의 양이온 교환능력은 각 49.1, 40.8, 37.3, 36.4cmlo/kg
으로 나타났다.

3) 흡착능력

흡착능력에 대한 실험결과를 비교하여 각종 유기물별로는 <표 2.3>에, 각종 중금속별로는 <표 2.4>에 나타내었다.

<표 2.3> 각종유기물 흡착능 비교 (단위 : mg/gr)

시료	GLUCOSE		PHENOL		SLS	
	CODCR	TOC	CODCR	TOC	CODCR	TOC
입상활성화석탄	5.7	0	3.3	0	35.3	5.4
분말활성화석탄	30.0	4.8	56.4	22.4	311.9	85.3
흡착제	63.9	9.7	83.0	12.5	340.7	40.8
시약용 활성탄	86.5	-	192.4	-	-	-
공업용 활성탄	55.6	-	88.6	-	-	-

* SLS : Sodium Lauryl sulfate, C₁₂H₂₅NaO₄

<표 2.4> 각종 중금속 흡착능 비교 (단위 : mg/gr)

시료	재료	Cu	Cd	Pb
입상활성화 석탄		1.2	0.8	1.8
분말활성화 석탄		8.4	2.1	21
흡착제		52	20	68
시약용 활성탄		22	10	25
공업용 활성탄		23	7.9	23

* 이는 흡착과 아울러 pH 원충능력항에 의한 수산화물 침전도 고려되어진다.

4) 독성물질 흡착능력

고농도 난분해성 폐수의 경우 소독제에 의한 독성물질의 혼입과 고농도 암모니아성 질소 등에 의한 독성물질 생성 등이 불가피하므로 카본계의 독성물질 흡착능력 실험 결과를 비교하여 <표 2.5>에 나타내었다.

<표 2.5> 독성물질 흡착능력 비교 (단위 : mg/gr)

시료	구분	Danzol(Ortho-dichlorobenzene)
입상활성화 석탄		3,955
분말활성화 석탄		4,238
흡착제		5,833
시약용 활성탄		6,486
공업용 활성탄		6,699

3. 반응기구

3.1 흡착의 반응기구

흡착은 두 개의 상이 접촉하는 계면에서 이루어지는데, 흡착후 각상의 밀도가 변하여 계면부분의 용질농도가 액의 용질농도와 다르게 된다. 흡착은 물질적 흡착과 화학적 흡착으로 대별되는데, 흡착제와 피흡착제간의 결합이 아주 강하면 그 과정이 대부분 비가역적이 되며 이를 화학적 흡착이라고 한다. 반면 van der waals결합과 같이 결합이 아주 약한 것이면 물리적 흡착이라고 하며 이렇게 결합된 용질은 쉽게 탈착되므로 그 과정은 가역적이다. 흡착에 영향을 미치는 인자들로는 교반, 흡착제의 특성, 피흡착제의 용해도, 피흡착제 분자의 크기, pH, 온도 등이 있다.

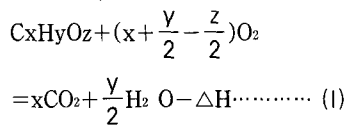
3.2 생물막법의 원리와 특성

생물학적 분해에 이용되는 생물막의 두께는 접촉여재의 재질, 유입폐수의 농도, 영양소 조건, 회전속도, 체류시간 등에 따라 차이가 있으나, 대체로 1.5~5mm정도가 된다. 각 단계에서의 반응기구는 다음과 같다.

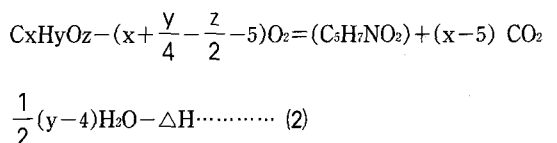
1) 유기물 제거반응

반응 Mechanism을 나타내어 보면,

(1) 산화분해 반응



(2) 세포질 형성 반응



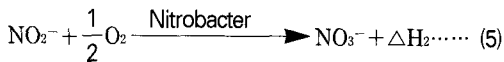
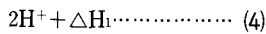
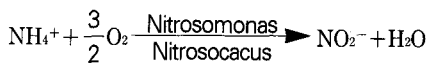
(3) 세포질 분해 반응



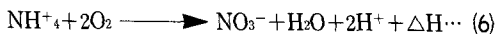
이러한 반응 Mechanism을 기초로하여 Mc Carty와 Williamson, Pano와 Middl-ebooks, Wu 및 Clark등이 수학적 Model로 표현해 왔다.

2) 질산화와 탈질반응

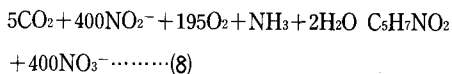
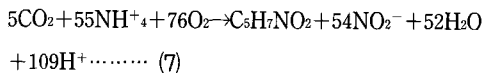
(1) 질산화(Nitrification)



(4)+(5) 하면,



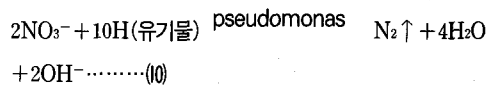
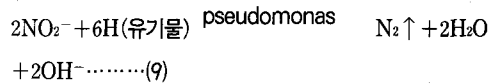
이 때의 Nitrosomonas 와 Nitrobacter는 유기물을 필요로 하지 않고 CO₂를 환원하여 미생물을 합성하는 독립 영양성 박테리아(Autotrophic Bacteria)이다.



식 (7), (8)에서 합성된 Nitrobacter는 유기물 제거에 쓰

이는 미생물의 증식에 비해 극소하다.

(2) 탈질화(Denitrification)



이때의 Pseudomonas는 증식에 유기물을 필요로 하는 종속영양성 박테리아 (Heterotrophic Bacteria)로써 호기성 상태에서는 산소호흡을 하고, 혐기성 상태에서는 NO₂⁻ 및 NO₃⁻의 분자중의 산소를 호흡하는 통기혐기성 박테리아이다.

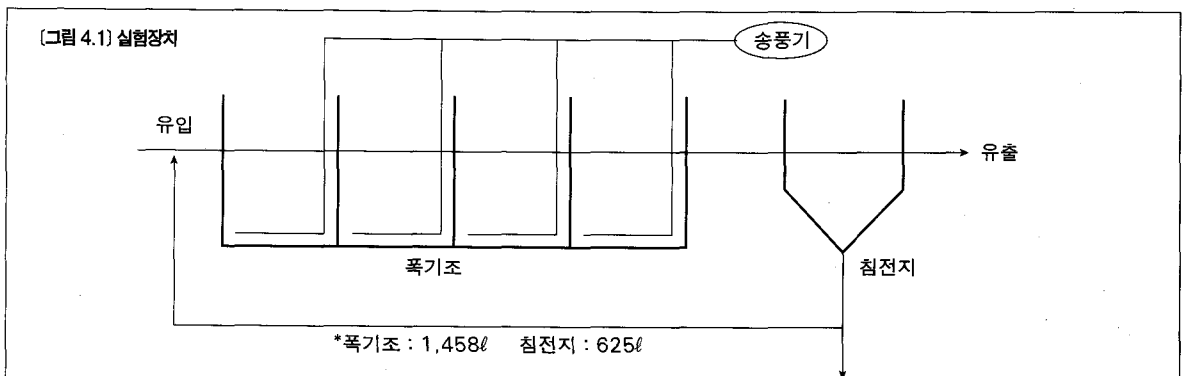
단계적 이해를 위해 회전원판상의 생물막에서 BOD제거, 질산화 그리고 탈질 과정에 관한 반응기구를 [그림1]에 도식적으로 나타내었다.

4. 공정 system별 처리결과 및 고찰

난분해성 물질 제거 특성을 파악하기 위해 저농도 하수에 카본계 접촉여재층진만으로 행한 것과 분뇨, 축산폐수, 침출수 등의 고농도 난분해성 폐수에 카본계 접촉여재와 흡착제를 이용한 실험방법과 결과를 비교하고자 한다.

4.1 카본계 접촉여재만 적용한 D하수처리장의 Pilot실험

4.1.1 실험장치



4.1.2 운전방법

〈표 4.1〉 운전방법 비교

* 40일간 운전

구 분	활성슬러지	카본계 접촉여재의 활성슬러지
폭기조 • MLSS(mg/l) • MLVSS(mg/l) • HRT(시간) • 반송율 • DO(mg/l) • SVI • 충진율	2,140~2,830 1,700~2,290 6, 7, 8 0.3~0.5 2~3 70~110	2,090~2,820 1,690~2,340 5, 6, 7, 8 0.3~0.5 2~3 65~100 20% by V/V
침전조 • HRT(시간)	2.5, 2.9, 3.3	2, 2.5, 2.9, 3.3

(나) 주요대비표

〈표 4.3〉 주요대비표

Para meters	활성슬러지(HRT : 7hr)			카본계 접촉여재의 활성슬러지 (HRT : 5hr)			외국방류 수질기준
	Influent	Effluent	Removal(%)	Influent	Effluent	Removal(%)	
BOD ₅	76-82	7.4-9.6	88.4-90.5	70-76	4.5-4.9	93-94.1	5
COD _{Mn}	30.1-41.3	12.9-16.3	57.1-62	29-33.2	7.9-9.1	71-75.3	10
SS	52-60	5-8	86-90.4	55-58	4-5	91.2-93.1	5
T-N	19.2-24	15.3-19.8	16.8-21.1	18.1-22.5	12.1-14.9	33.2-40	5-10
T-P	1.19-1.35	0.83-1.03	23.1-30	1.14-1.19	0.63-0.71	40.3-44.7	0.5-1

4.1.3 실험결과

(가) 실험결과표 (96.6.5~8.21)

〈표 4.2〉 실험결과표

parameters	구분 HRTs	활성슬러지			카본계 접촉여재의 활성슬러지			
		8시간	7시간	6시간	8시간	7시간	6시간	5시간
F/M ratio Vol. loading		0.13~0.14	0.13~0.14	0.15	0.13	0.13	0.11~0.13	0.15~0.16
		0.23~0.24	0.26~0.28	0.32~0.34	0.21~0.24	0.26~0.28	0.23~0.30	0.33~0.36
pH	Inf.	7.4~7.8	7.2~7.6	7.2~7.6	7.5~7.9	7.4~7.7	7.3~7.8	7.6~7.7
	Enf.	7.2~7.5	7.0~7.4	7.0~7.4	7.0~7.5	7.1~7.3	7.0~7.4	7.3~7.5
BOD ₅	Inf.(mg/l)	75~80	76~82	78~82	70~79	76~82	56~73	70~76
	Eff.(mg/l)	6.9~7.3	7.4~9.2	9.5~11.2	3.8~6.5	3.9~5.8	4.6~5.4	4.5~4.9
	Removal(%)	90.5~91.4	88.4~90.5	86~87.8	91.4~95.2	92.9~94.9	90.4~93.0	93.0~94.1
COD _{Mn}	Inf.(mg/l)	31.5~39.5	30.1~41.3	33.5~38.2	30.1~34.2	31.4~36.8	24.3~32.5	29.0~33.2
	Eff.(mg/l)	11.4~14.2	12.9~16.3	13.8~15.4	5.2~6.3	7.3~7.5	5.9~7.0	7.9~9.1
	Removal(%)	60~64	57.1~62	57.4~59.6	80.5~83.6	76.4~80.2	75.7~78.5	70.9~75.3
SS	Inf.(mg/l)	54~61	52~60	50~63	56~63	58~65	48~54	55~58
	Eff(mg/l)	5~6	5~8	5~8	4~5	3~6	3~4	4~5
	Removal(%)	89.8~90.7	86~90.4	87.3~90	91.7~92.9	90.8~93.5	92.0~93.8	91.2~93.1
T-N	Inf.(mg/l)	28~30	19.2~24	17.5~25.8	21.2~29.6	22.0~30.1	17.8~24.2	18.1~24.8
	Eff.(mg/l)	21.4~24.6	15.3~19.8	14.1~19.6	10.8~14.5	12.6~17.2	8.7~14.8	12.1~14.9
	Removal(%)	14.6~23.6	16.8~21.1	18.6~24	38.6~56.4	39.2~45.5	38.8~51.1	33.2~40.0
NO ₃ -N	Inf.(mg/l)	1.73~2.0	0.84~1.23	0.96~1.62	0.82~0.96	0.94~1.14	0.74~0.98	0.80~1.26
	Eff(mg/l)	18.1~20.2	12.7~18.3	12.1~16.9	9.20~13.10	10.90~15.90	7.70~13.3	10.5~12.5
T-P	Inf(mg/l)	1.86~2.04	1.19~1.35	1.07~1.45	0.86~1.02	0.98~1.07	0.86~1.20	1.14~1.19
	Eff.(mg/l)	1.36~1.63	0.83~1.03	0.81~1.02	0.64~0.68	0.61~0.67	0.52~0.71	0.63~0.71
	Removal(%)	15.1~29.2	23.7~30	28~29.7	25.6~33.3	36.8~39.3	39.5~41.1	40.3~44.7