

수처리 기술동향



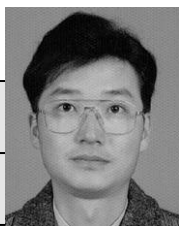
이 양 래

(KIMM 환경설비연구부)

'76 - '80 전남대학교 물리학과(학사)
'80 - '82 전남대학교 물리학과(석사)
'92 - '95 전남대학교 물리학과(박사)
'82 - 현재 한국기계연구원 책임연구원

김 재 윤

(KIMM 환경설비연구부)



'88 - '93 서울대학교 기계공학과(학사)
'93 - '95 서울대학교 기계공학과(석사)
'95 - 현재 한국기계연구원 선임연구원

1. 서 론

수처리는 양면성을 가진 기술로 천연의 물을 인간이 이용가능한 용수로 바꾸는 자연이용적인 면과 인간이 사용한 물 또는 인위적인 물질로 오염된 물을 자연환경을 파괴하지 않도록 처리하는 자연보전적인 면을 가지고 있다. 전자는 정수, 담수화, 산업용 초순수제조 등의 분야를 지칭하고 후자에는 산업폐수처리, 생활오수처리, 슬러지처리 등의 분야가 있다. 자연이용적인 면에서는 점차 악화되고 있는 수원(하천 및 호소, 지하수)의 질과 양질의 용수를 원하는 소비자의 욕구증가에 따른 처리비용의 증가 및 공정의 복잡화를 해결하는 것이 가장 큰 당면과제라 할 수 있고 수요량의 급증에 따른 대체 수자원개발문제도 매우 심각한 국면에 접어들고 있다. 아울러 반도체산업 등의 발달에 의하여 산업용 초순수 제조 시장규모도 급속하게 증가하고 있다. 국내의 기술여건은 많은 신기술의 도입 및 접목이 시도되고 있지만 아직까지는 과거의 전통적인 기술에 안주하려는 경향이 강하고 특히 부가가치가 높은 고도정수나 산업용수처리분야의 발전이 미흡한 편이다. 한편 자연보전적인 면에서는 환경문제가 본격적으로 사회문제가 되기 시작한 1970년대부터 본격적으로 주목을 받기 시작하여 급속한 기술발전을 이룩하였다. 더욱이 1990년대 이후 배출물에 대한 환경규제가 강화되면서 보다 처리효율이 높고 적용범위가 넓은 기수의 개발이 활발하게 이루어졌고 현재도 많은 연구개발자들의 관심이 집중되고

있다. 그러나 산업고도화에 따른 악성유해배출물의 증가 및 기존 처리공정에서 발생하는 2차 오염물질의 처리 등 현 기술로는 해결하기 힘든 문제가 산적하여 안전하고 효율적인 신기술의 개발이 시급하게 요구되고 있고 최근에는 산업체에서 방류수를 전혀 배출하지 않고 중수도로 재활용하는 무방류시스템에 대한 관심도 증가하고 있는 추세이다. 또 처리과정 중에 발생하는 슬러지, 브라인 등의 처리도 해결과제로 남아있다.

2. 수처리 영역 및 분야

물은 재생할 수 있는 자원으로 자연적으로 재순환되고 있다. 그러나 인구증가 및 산업의 발달로 물의 수요가 급격히 증가되었으며 오염물질로 인하여 자연의 재생능력이 저하되어 적절한 수처리를 하지 않으면 인류의 생존이 어려운 현실에 직면하였다. 이렇게 우리들 삶에 필수요소가 된 수처리기술을 분야별로 정리하여 표 1에 나타내었다.

표 1. 수처리의 적용분야

분야	대상	공정구성
상수, 정수 분야	하천수 처리 호수 처리 지하수 처리 해수 처리 산업용수 처리	전처리-표준처리-후처리-고도처리
하수, 폐수 분야	산업폐수 처리 농, 축산 폐수 처리 매립지 침출수 처리	전처리-1차처리-2차처리-고도처리

2.1 상수 및 정수처리

사람들이 사용하거나 사업적으로 이용할 목적에 있어서 흡족할만한 수질을 가지고 있는 자연수는 거의 없는 만큼 항상 처리되어야 할 필요가 있다. 강과 호수 및 해양, 지하수 등으로부터 원수를 채수하여 용도에 맞게 적절히 처리하는 일련의 과정을 상수 및 정수처리라 부르며 전처리,

표준처리, 소독 등의 과정으로 이루어진다. 일반적인 상수, 정수처리의 공정도를 그림 1에 나타내었다.

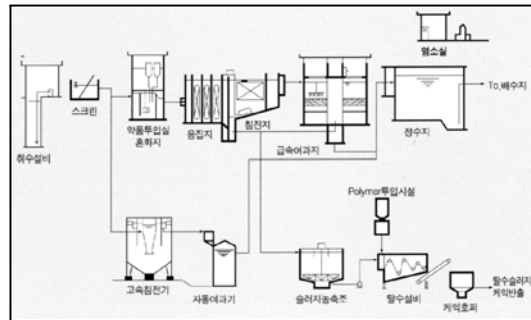


그림 1. 상수 및 정수처리의 일반적인 공정도

우선 전처리공정에는 스크리닝과 저류조를 통한 균질화와 중화과정이 있고, 공기를 공급하여 물을 정화하는 포기기술, 전염고처리 및 활성탄을 이용한 화학적 전처리 등이 있다. 표준처리에는 침전, 응집/응결, 여과 등의 공정이 보편화되어 있으며 요즈음 들어서는 분리막을 이용한 정수처리 공정에 관한 기술이 개발되고 있다. 표준처리를 거친 처리수는 염소소독이나 오존 살균, 자외선 살균 등의 후처리를 거친 후 수요처에 공급된다.

근래에는 이러한 표준처리 공정으로 처리된 처리수를 취하여 특정산업용, 즉 음료나 제약회사에서 필요한 고도의 수질까지 향상시키거나 특정의 화합물질이나 미생물학적 불순물 함유수를 허용기준치로 처리하기 위하여 물리, 화학, 생물학적 처리기술들을 복합한 수처리기술들에 관한 연구가 활발해지고 있는데 이를 고도정수처리공정이라 부른다. 현재 응용되고 있는 기술은 철과 망간의 제거, 이온교환과 무기성 흡수, 유기물의 흡착, 역삼투를 포함한 막공정, 화학적 산화를 포함하는 산화공정 등이 있다.

2.2 생활하수 및 산업폐수 처리

생활하수나 산업폐수를 처리하는 목적은 방류수의 BOD, COD, TSS 등을 감소시키고, 질소와 인, 대장균을 비롯한 각종 세균을 저감시켜 환경

오염을 방지하는데 있다. 이러한 하,폐수처리공정은 전처리, 1차처리, 2차처리, 고도처리 등의 조작들을 포함하며 현장에서 많이 사용되고 있는 공정을 그림 2에 나타내었다.

전처리공정은 부유물질 등을 제거하고 1,2차 처리 공정의 효율을 높이기 위한 공정이다. 도시하수의 전처리과정은 보통 유량조정, 스크린분리, 침사, 스킴제거 등의 물리적 공정뿐이다. 공장폐수는 부가적으로 공기탈거(암모니아제거), 산화, 환원(중금속침전), 공기부상(유분제거) 등의 화학적 전처리가 필요하다.

1차처리는 보통 청정화 또는 침전으로 불리우며 폐수가 침전조에서 일정시간 동안 가라앉도록 하여 액상유출의 한 흐름과 액체-고체슬러지의 두 번째 흐름을 만들어 내는 공정이다. 처리목적은 다음단계(2차의 생물학적 처리)를 위해 적절히 향상된 유출수를 만들고 형편에 맞게 처리 처분이 가능한 1차 슬러지형태로 고형물을 분리해내는데 있으며 화학물질을 첨가하여 침전 능력을 보장하기도 한다.

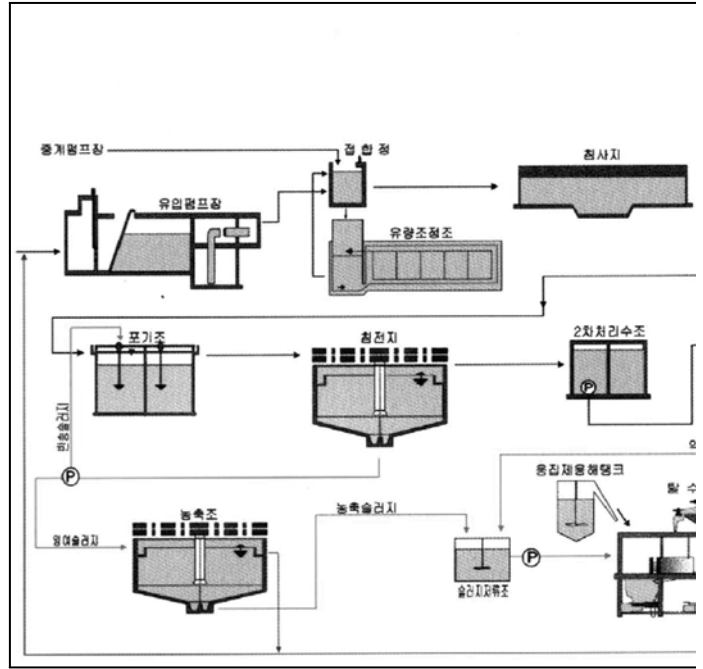


그림 2. 하, 폐수처리 공정

2차처리는 BOD의 감소, 즉 유기물질들을 분해하는 과정이며 생물학적 산화와 질산화 탈질화 과정 등을 포함하고 있다. 2차처리의 일반적인 시스템은 활성슬러지 시스템이며 이외에도 부착성장 시스템 등이 있으며 대부분 생물학적인 수처리 기술들을 응용하고 있다.

요즈음은 허용 수질기준이 계속해서 강화되는 추세이다. 따라서 기존의 2차처리까지의 과정만으로는 만족할 만한 결과를 얻지 못하는 경우가 늘고 있다. 또한 특수한 목적을 위하여 좀 더 개선된 수처리기술이 개발될 필요가 있는데 이를 만족시키기 위해서 고도수처리 기술이 연구되고 있다. 고도수처리 기술은 난분해성 물질의 제거, 질소, 인 등 영양물질의 제거, 고액분리효율 증대로 인한 깨끗한 처리수의 방류, 고농도 미생물의 확보로 처리효율증대 및 부지절감 등을 목적으로 하고 있다. 지금까지 연구된 신기술들은 개선된 생물학적 처리법, 분리막을 이용한 고액분리기술, 펜톤산화, 초임계산화 등의 산화처리법, 오존 및 초음파를 이용한 살균 등이 있다.

2.3 농·축산 폐수 및 침출수처리

농업에서 사용하는 무기농약과 방제용 화학물질과 축산 폐수의 양이 증가함에 따라 토양 및 하천의 자정능력이 상실되고 있어 이를 위한 수처리기술 개발 연구도 활발히 진행중이다.

정수 및 폐수처리와 달리 이들 오염원들은 발생원이 분산되어 있고 토지 등과 결합되어 있어 이러한 점들을 고려하여 수처리기술을 적용시켜야 한다. 또한 처리수를 비료 등으로 재활용할 수 있는 방법들에 대해서도 연구되어야 한다.

농·축산 폐수는 BOD양이 상당히 많고 질소, 인의 함유율도 높은편이다. 현재는 대부분 생물학적 처리를 활용하고 있으며 토양을 이용한 정화나 혐기성처리 등의 화학적처리도 도입되고 있다. 또한 원심분리기 등의 물리적인 기계장치에 관한 연구도 진행중이다. 분리막을 이용한 매립지 침출수 처리기술도 진행되고 있다.

2.4 지하수 및 호소수 처리

앞의 분야들이 대부분 이동하는 수자원의 처리

에 관한 것이라면 지하수, 호소수 등은 고정되어 있는 수자원이라는 특징이 있다. 따라서 수처리기술의 대상이 오염된 수자원의 정화 뿐만 아니라 퇴적된 오염물의 제거 방안을 포함한다.

고여있는 수자원의 경우 중요한 오염 지표는 용존산소량과 각종 유해물질들의 함유량이다. 또한 바닥에 쌓여있는 퇴적물들에 포함되어 있는 오염물질들이 물과 접촉하면서 방출할 가능성이 있는 유해물질들도 관심대상이다.

이러한 오염원들을 처리하는 기술들로는 우선 유입수 및 유출수의 수리학적인 조절과 유동 및 확산을 촉진시켜 자체의 자정능력을 향상시키는 방법, 퇴적물들의 소거 등의 물리적 방법이 일반적이다. 국부적인 오염은 화학 및 생물학적인 방법으로 처리하기도 하지만 대상이 워낙 방대하기 때문에 실효성이 적은 편이다.

2.5 산업용수 처리

산업이 고도화되면서 생산공정에 일반적인 상수도 수준보다 훨씬 질이 높은 초순수 수준의 공

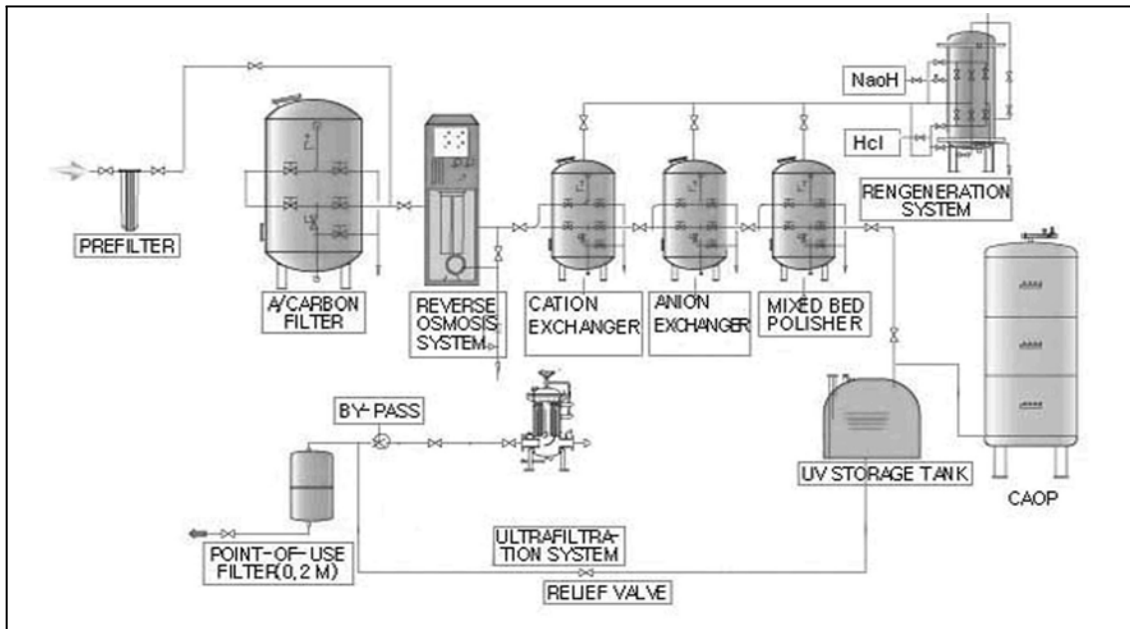


그림 3. 반도체 산업용 초순수 제조공정 구성도

정용수를 요구하는 경우가 많아졌다. 특히, 원자력 발전소와 같은 파워플랜트, 반도체나 전자소재 생산공정 등에서는 보일러원수나 세정용수로 최고 18 DI급(보통 3 DI급 이상)의 초순수를 필요로 한다. 초순수 제조공정은 보통의 물에 함유되어 있는 부유물 뿐 아니라 염(모든 미네랄 및 이온입자)까지 모두 제거해야 하므로 그 시스템이 매우 복잡하고 장비가 고가이다. 과거에는 증발방식으로 증류한 다음 이를 다시 다른 방법으로 가공하는 시스템을 많이 사용하였으나 최근에는 이온교환-역삼투막-전기투석을 조합한 방법을 대부분 사용하고 있다.

이분야의 국내시장규모가 연 1000억원에 달하고 있고 아직까지 외국기술에 많이 의존하고 있어 자체적인 기술개발의 필요성이 큰 분야이다. 반도체산업용 초순수제조공정을 그림 3에 나타내었다.

3. 수처리 요소기술 현황

-신기술 중심으로-

수처리 요소기술은 크게 물리, 화학, 생물학적

처리공정으로 나눌 수 있으며 처리 대상 및 요구 수준에 따라 이들 공정을 적절히 조합하여 사용하고 있다. 전통적인 수처리기술로는 응집, 침전, 여과, 흡착, 활성슬러지, 혐기성 및 호기성소화 등이 있으나 수처리 기준이 강화되고 오염물질이 다양해지면서 새로운 수처리기술들이 개발되고 있다.

3.1 용존공기부상법(Desolved Air Floatation)을 이용한 수처리기술

용존공기부상법은 가압조내에서 물속에 공기를 포화상태까지 용존시킨 후, 니들밸브나 노즐을 통해 대기압의 수중에 방출시켜 미세 공기방울을 형성시킨다. 이렇게 생성된 미세 공기방울들은 수중의 부유물질 등과 함께 표면으로 부상하게 되고 이를 적절히 제거하게 된다. 이 수처리 기술은 기존의 침전기술보다 처리시간이 매우 적게 소모되며 조류 등 밀도가 물과 비슷하여 처리하기가 곤란한 대상들에 특히 효과적이다. 개발이 진행되고 있는 중요기술은 가압조내에서 공기를 효과적으로 용존시키는 기술, 미세공기방울을 형성하기

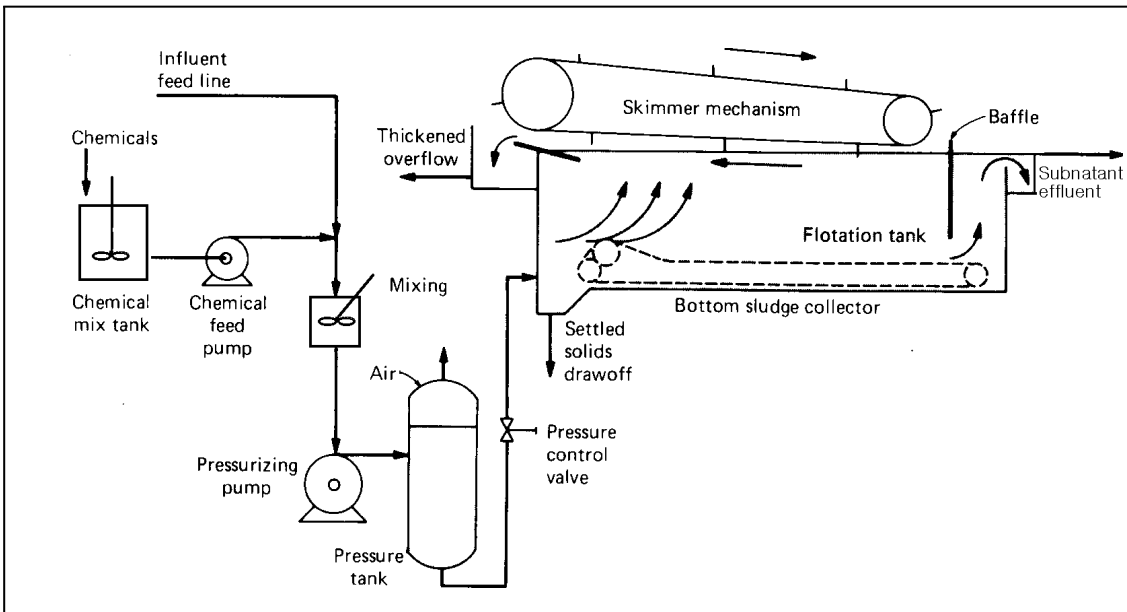


그림 4. 용존공기부상법의 구성도

위한 노즐최적화 기술, 부상조내에서의 유동최적화 기술 등이 있다. 일반적인 용존공기부상법의 구성도를 그림 4에 나타내었다.

3.2 고도수처리를 위한 막분리기술

막 분리공정은 반투성의 막을 이용하는 것으로 다른 분리 공정보다 속도가 빠르고 효율적이며, 막 기술이 발전함에 따라 경제성도 크게 향상되고 있어 응용 범위 및 처리량이 급속하게 증가하고 있다. 적절한 막을 선택하면 거의 모든 입자 크기 영역에서 막분리 기술을 적용할 수 있으며 분리 대상을 선택적으로 조절할 수 있는 장점을 지니고 있다. 또한 적절한 분리 공정의 결정은 혼합물의 구성성분의 성질, 분리해야할 용액의 양, 분리의 정밀도, 비용 등의 여러인자를 고려하여 선택된다.

산업이 고도화 되면서 막분리 기술이 활용되는 분야가 계속 확산되고 있다. 대표적인 분야로는 해수 및 염수의 담수화, 산업 폐수 중의 유해 성분이나 유기물의 분리 혹은 회수, 식품 및 의학 분야에서 사용되는 용액중의 분자량이 큰 분자의 분리,

인공장기 등의 생명공학에의 적용 등이 있다.

이외에도 막분리 공정은 자동화가 용이하고 공정중에 발생하는 이차 오염물이 작으며 기술 발전 가능성이 높다는 장점을 지니고 있지만 보다 안정적이고 경제적인 막의 개발과 막오염을 방지할 수 있는 제반 기술 개발 등의 과제에 대해서는 아직도 해결해야할 일들이 많이 남아 있다. 현재 적용되고 있는 대표적인 막분리 기술들을 표 2에 정리하였다.

3.3 막/생물 반응기 수처리기술 (Membrane Bio Reactor)

MBR 공정은 호기성 생물학적 수처리기술 (활성오니법)과 막분리기술을 결합한 공정이다. 이 기술은 미세한 pore를 가진 분리막에 의한 압력 구동 여과법으로서 기존의 중력식 침전, 부상 등에 의한 오니 분리기술의 단점을 획기적으로 개선하였으며, 활성오니법의 2차 침전지를 막 분리로 대체함으로써 시설 부지면적이 감소된다. 또한 활성오니법에서는 연기 힘든 고농도의 미생물 (MLSS 10,000 - 15,000 ppm)을 폭기조 내에 유

표 2. 막분리의 종류

종 류	막분리의 작용	추진력	막투과 물질	잔류 물질
역삼투법	· 해수담수화 · 유기물분리 · 폐수처리 · 용수처리	· 압력차 (10~70Kg/cm ²)	물	현탁물질 콜로이드 용해물질
한외여과법	· 유기물 분리	· 압력차 (10~70Kg/cm ²)	물 염류 저분자 유기물	현탁물질 콜로이드 고분자중 유기물유지
정밀여과법	· 용액 속의 부유 물 분리	· 압력차 (0.1~2Kg/cm ²)	물, 용제, 용액성분콜로이드	부유물
	· 공기 중의 분진분리	· 압력차 (0.005~0.2Kg/cm ²)	기체	분진(미립자, 미생물 등)
전기투석법	· 제염공정 등 염의농축 · 해수로부터의 염제거	· 전위차(1~2V)	이온	비이온물질 고분자물질

지함으로써 처리효율 증대, 잉여오니 발생량 최소화할 수 있다. 일반적인 MBR 공정도를 그림 5에 나타내었다.

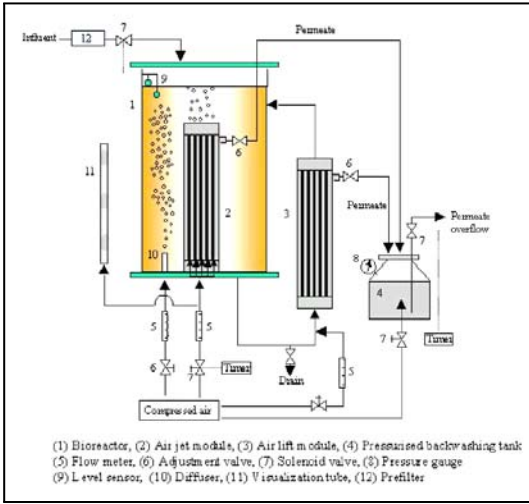


그림 5. MBR의 공정도

3.4 광촉매를 이용한 고도산화 수처리기술

광촉매는 光에너지를 받아 활성화되면서 전자를 방출하거나 정공을 만들어 광촉매 물질 표면에서 유기오염물질을 산화시키거나 일반 산화제보다 훨씬 강력한 산화력을 지니고 있는 수산화(OH)를 만들어 유독성물질을 최종적으로 이산화탄소와 물로 산화 분해 시키는 역할을 한다. 여러 광촉매 중 가장 효과가 우수한 것으로 알려진 TiO₂의 경우 bandgap이 약 3eV(주2)로서 그 이상의 자외선을 조사시키면 30,000℃의 가온효과와 유사한 작용이 발생함에 따라 가전자대로부터 전도대로 전자가 전이된다.

이때, 발생된 정공과 전자는 반도체 표면에 흡착된 물질과 반응하여 OH radical 및 superoxide radical 등의 강력한 산화제를 발생시킴에 따라 유기오염물질은 물과 이산화탄소로 분해하며, 중금속은 전자와의 반응에 의해 환원시킴으로써 유기오염물질과 중금속을 동시에 제거할 수 있는 최첨단의 고도산화처리기술이다.

광촉매를 이용한 수처리기술은 처리가 용이하

지 않은 난분해성 폐수처리에도 활용할 수 있으며 슬러지가 생기지 않는다는 장점을 지니고 있기 때문에 요즘은 새로운 수처리기술로 부각되고 있다. 그림 6에 광촉매를 이용한 수처리공정도를 나타내었다.

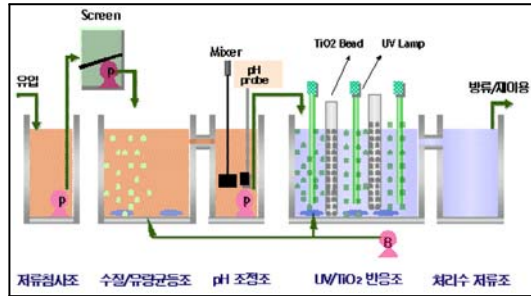


그림 6. 광촉매를 이용한 수처리공정도

3.5 초음파를 이용한 수처리기술

수중에 초음파를 조사하면 내부가 진공인 bubble, 즉 cavitation이 발생하게 된다. cavitation은 직경이 0.1mm 이하로서 수 μs주기로 파괴되었다가 다시 발생하는 과정을 반복하게 되며, 파괴될 때 cavitation 내부는 약 5000℃, 1000기압의 초임계조건이 형성되므로 bomb reaction condition이라고 하며, 수만개의 0.1mm 폭탄을 수중에 투하하는 것과 같은 효과를 나타내게 된다. 따라서 boiling point가 낮은 폐수성분은 가스 상태로 cavitation 내부에 흡입되어 연소하게 된다. 이러한 원리를 이용하여 난분해성 폐수를 처리하는 기술 개발에 대한 관심이 높아지고 있다.

4. 수처리기술의 개발 현황 및 문제점

앞에서 살펴보았듯이 수처리기술은 매우 다양한 응용분야와 요소기술로 이루어져 있고 한 분야에 응용되는 요소기술이 타 분야에 활용되는 경우가 매우 많으므로 기술체계의 복잡도 및 기술의 파급효과가 큰 분야이다. 또 많은 기술이 그동안 개발 활용되고 있지만 아직까지 완벽한 처리방법은 확립되어 있지 못한 실정으로 앞으로

성장 가능성이 매우 높은 분야라 할 수 있다. 특히 기술의 사이클이 점차 짧아지고 있는 추세이므로 공학자들의 적극적인 참여가 요구되는 분야이기도 하다.

현재도 무수히 많은 새로운 기술이 연구·개발되고 있지만 수처리기술 (특히 환경관련 수처리 기술)은 기존 기술의 관성이 매우 큰 분야로 새로운 기술의 보급이 타분야에 비하여 천천히 이루어지는 특성을 가지고 있다. 개발·보급이 늦어지는 이유는 크게 두가지로 나눌 수 있는데, 첫째는 수질오염이 심화되면서 각종 수질기준들이 강화되고 이를 만족(이용적 측면과 보전적 측면에서)시킬 수 있는 새로운 기술들이 계속 개발되고 있으나 신기술을 적용하는데에는 그만큼 위험부담이 따르기 때문이다. 둘째는 이 같은 부담을 안고 과감하게 투자하여 신기술을 사용하기 보다는 이미 널리 보급되어 충분한 운전결과가 제시되어 있는 처리공법을 안전하게 채택하고자하는 이 분야의 특수성(공공성 및 위험성이 높다) 때문이다. 수처리기술을 기술개발 및 보급의 관점에서 분류하면 그림 7과 같이 나타낼 수 있다.

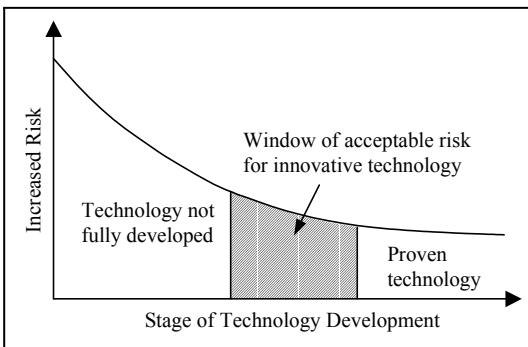


그림 7. 개발 및 보급단계에 따른 기술분류

이 그림에서 알 수 있듯이 이미 개발되어 완전하고 충분한 적용자료가 확보되어 있는 기술과 아직 개발단계인 기술이 있고, 그 사이에 어느 정도의 위험부담을 안고 적용해 볼 만한 정도의 기술이 있다. 이들 중 소위 혁신적 기술(Innovative Technology)이라하여 어느 정도의 위험부담을 안고 사용해 볼만한 신기술이 수처리에 적용되기

위해서는 다음의 조건들을 만족하여야 한다.

- 향상된 운전신뢰도 및 안정성
- 보다 나은 유해물질의 처리효율
- 환경보전 측면에서의 이점
- 공동처리 가능성의 제고
- 에너지절약 및 경제적인 이점

참고로 미국 EPA는 약 20%의 에너지 절약효과 있거나 시설비와 운영비를 합쳐서 약 15%의 경비절감효과가 있어야 하는 것을 신기술의 기본조건으로 삼고 있다.

수처리기술의 개발은 기초이론부터 정립하는 완전히 새로운 개념의 개발이라기 보다는 타산업분야의 공정에 사용되는 개념을 응용하는 것이 대부분이나 이러한 관점에서 수처리공정을 분류하면 다음과 같다.

- Phase separation
- Component separation
- Chemical transformation
- Biological process

이를 물리적, 화학적, 생물학적 방법의 분류방식의 관점에서 보면 위에서 첫 번째와 두 번째는 물리적 처리방법에 해당하고 세 번째는 화학적 처리, 마지막은 생물학적 처리방법에 해당한다. 새로운 수처리기술은 타산업분야에 적용되어온 수처리분야에 어느 정도 효과적으로 적용가능한가에 따라 기술개발의 가능성이 결정된다고 볼 수 있다. 폐수처리의 경우 급속한 산업화에 따라 이전에는 문제가 되지 않았던 오염물질들이 다량 발생하는 등 오염물질이 다양해지면서 양도 증가하는 반면 이용가능한 부지의 제한, 처리 중 발생 부산물의 처리문제 등으로 인하여 폐수처리에 부적합한 공정(또는 비경제적)으로 생각되었던 처리방법들이 경제성을 갖게 되는 경우가 많이 발생하고 있다.

5. 수처리기술의 발전추세 및 방향

여러 수처리전문가들이 제시한 향후 수처리기

술의 발전방향을 정리하면, 기존의 처리기술 보다 효율적이고 경제적인 정수 및 폐하수처리의 신기술이 요구되고 있으며 오염물질배출량을 가능한 줄일 수 있는 재이용기술이나 에너지절약형기술의 개발이 필요한 것으로 요약할 수 있다. 또 수질오염물질 처리기술은 궁극적으로 이수목적에 적합한 맑은 물을 공급하는데 있으므로 국내에서 시급하게 개발되어야 하고 수처리 기술과급효과가 크며 수질오염저감에 크게 기여할 수 있는 과제로

- 난분해성 물질의 제거
- 고도정수처리
- 질소, 인 등의 영양염류 제거
- 처리수 재이용
- 고효율 고액분리
- 지하수의 효율적 이용 및 관리
- 산업공정용 고부가가치 수처리 (초순수 및 세정) 등을 꼽을 수 있다. 이를 위해서는 정수의 고도처리기술개발, 기존 폐하수 처리시설의 처리효율 증가 및 신공정개발, 막분리, 고정화미생물을 이용한 폐하수의 고도처리 및 처리수의 재이용기술의 확보 등이 시급한 개발대상이다

고도처리를 위한 신기술은 고밀도 생물막을 이용하는 등의 생물학적 처리방법과 분리막을 이용한 고액분리기술, 고도산화법 등을 들 수 있는데 현재까지는 주로 생물학적 처리를 주공정으로 하고 물리화학적처리는 부가적인 3차처리(고도처리)나 전처리방법으로 취급하여 왔으나 앞서 언급한 바와 같이 수처리의 공정요구사항이 점차 까다로워지면서 이들에 대한 관심이 높아지고 있다. 물리화학적처리는 고도처리법으로 우수한 기술이지만 에너지소비량이 많으므로(운전비용이 고가) 가능한 한 생물학적처리와 병행하는 방법이 우선적으로 고려되어야 하고 비용이 문제가 되지 않는 경우에는 단일공정으로 처리하는 방안도 적극적으로 도입하고 있는 추세이다.

수처리 기술선진국에서의 기술개발 및 활용추세는 이러한 고도처리에 대한 수요를 만족시키기 위

하여 기존의 생물학적 처리방법을 심화·발전시키는 것과 동시에 처리효율이 높은 물리화학적방법을 개발하고 있다. 특히 처리공정 중에 발생할 수 있는 2차 오염물질이 없이 유해물질의 제거율이 높은 단일공정을 추구하는 추세이며 불가피한 경우 여러 가지 처리방법을 조합한 조합공정처리를 도입하고 있는 실정이다. 또 유해물질의 분해·제거수준에서 나아가 이를 회수하여 생산공정에서 재이용하는 연구를 활발하게 수행하고 있고 실제 처리공정에서도 이러한 시도가 빈번하게 이루어지고 있다. 회수방법은 주로 증류, 막분리, 추출 등을 이용하는데 이에 대한 연구개발이 매우 활발하게 이루어지고 있다. 한편 하·폐수의 경우 이를 처리한 후 처리수를 다시 생산공정이나 중수도로 이용하는 방법도 다양하게 활용되고 있는 분야 중의 하나이다. 산업계의 경우 보일러용수, 냉각수, 온도조정용수, 제조공정용수, 세정용수, 원료용수 등에 이용하며 재이용기술은 요구수량 및 수질에 따라 다양하여 많은 부분에서 자원 재이용과 함께 이용되고 있다. 이와 같은 무방류 시스템의 경우에서도 생물학적처리 보다 물리화학적처리가 보다 고품질의 처리수를 만들 수 있기 때문에 그 활용도가 점차 증가하고 있는 실정이다.

수처리기술은 생물학적 처리방법이 주가 되고 물리화학적 처리가 보조적인 역할을 담당하는 형태로 발전해오다가 고도처리의 수요가 늘어나면서 에너지비용이 더 들더라도 유해물질을 완벽하게 처리할 수 있는 물리화학적 방법이 점차 주목을 받고 있다. 수처리설비연구그룹은 이러한 현실에 주목하고 기계공학적인 면이 강한 물리화학적(특히 물리적) 처리방법에 관심을 집중시키고 있으며 그동안 중금속회수용 증발식 폐수처리시스템, 해상마지용 담수화 기술개발, 도서용 막분리식 담수화시스템 개발, 초음파를 이용한 난분해성 폐수처리 등의 과제를 통하여 증발(distillation), 막분리(membrane separation), 초음파산화(ultrasonic oxidation) 등의 물리적 수처리 기반기술을 확보하였다. 또한 이를 기반으로 용존공기부상법, 광촉매

등의 고도산화법 등의 기술을 추가하여 난분해성 유해물질(페놀, PCBs 등)의 제거, 유기용제 등의 회수·재활용 시스템, 반도체 등 산업공정용 정수 시스템, 고효율 상수원 정화시스템 등의 다양한 수처리분야의 연구수행을 할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] 강창민 외, 2000년대 환경공학, 대응, 1997
- [2] 박종운, 물리화학적 수처리 원리와 응용, 지샘, 1998
- [3] 기문봉, 김낙주, 이시진, 산업폐수처리, 동화기술, 1998
- [4] 김병균, “고도 하·폐수처리에 관한 국내외 연구개발 동향조사”, 수자원공사 보고서, 1999
- [5] 김병덕 외, “해상바지용 담수화기술개발”, 과학기술부 특정연구 보고서, 1999
- [6] 김성수 외, “페놀의 초임계수 산화에 관한 연구,” 대한환경공학회지, Vol.13, No.4, 1991
- [7] 김용민 외, 폐수처리공학, 동화기술, 1998
- [8] 모세영 외, “초음파를 이용한 폐수중의 난분해성 유기물처리”, 한국과학재단 연구보고서, 1998
- [9] 박선구, 류재근, “업종별 산업폐수의 유기화학물질 배출 특성에 관한 연구,” 한국물환경학회지, Vol.15, No.4, 1999
- [10] 배성열 외, “초임계 유체를 이용한 대기, 수질 및 고형폐기물의 환경친화 처리기술,” 첨단환경기술, 1998년 12월호, 1998
- [11] 이규성 외, 수지오염방지기술, 동화기술, 1992
- [12] 이양래 외, “초음파를 이용한 난분해성 유해폐수물질 처리기술 개발”, 환경부 연구보고서, 1999
- [13] 한국막학회 편, 막분리, 자유아카데미, 1996
- [14] Hoffmann, Hua, Hochemer, “Application of Ultrasonic Irradiation for the Degradation of Chemical Contaminants in Water,” Ultrasonics Sonochemistry, 1996
- [15] Mallevialle, Odendaal, and Wiesner, Water Treatment Membrane Processes, McGraw-Hill, New York, 1996
- [16] McGhee, Water Supply and Sewerage, McGraw-Hill, New York, 1991
- [17] Parekh, Reverse Osmosis Technology ; Application for High-Purity-Water Production, Marcel Dekker, Inc., New York, 1998
- [18] Skaates, et al., “Wet Air Oxidation of Glucose,” Can. J. Chem., 59, 717, 1981