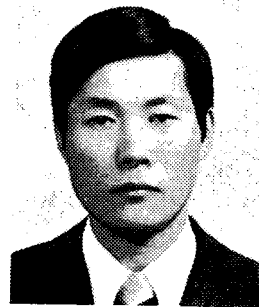




環境工學에 流動層의 利用



이복열 / 전북산업대 학교수 · 본협회 전북지부 강사

1. 서 론

流動化현상은 일상생활에 이모저모로 利用하여 왔음이 틀림없으나 流動層(Fluidized Bed)이란 用語는 1921년에 독일의 Winkler에 의하여 처음으로 쓰기 시작하였고 그는 갈탄을 가스화하는데 流動層을 應用하였던 것으로 報告되고 있다.

한편 미국에서는 化學工學의 창시자인 MIT의 Lewis 교수와 Gilliland 교수가 1938년에 석유의 流動接觸分解法에 流動化 技術의 應用 可能性을 시사한 후 곧 實用化되었다.

한편 流動層의 環境工學에 利用面에서는 1970년대에 영국 WRC의 Cooper, Manchester大學의 Atkinson, Jewell 교수등에 의하여 生物學的 流動層(Biological Fluidized Bed, BFB)을 開發하였다. 국내에서는 1982년에 본법을 소개한 바있고 1983년에 분뇨처리에 관한 보고가 있었고 같은해末에 酒精廢水處理의 結果를 얻었으며 1986년에는 窒酸化反應에 관한 窒素除去 研究報告가 있었다.

이러한 流動化 技術은 工業的 應用이 먼저 발달되어 오고있으며 학문적 연구는 이에 부응하여

그 原理가 整理되어 가는 듯 싶다.

流動化 技術의 應用分野는 다음과 같이 大別할 수 있다.

- (1) 乾燥, Coating, Granulation 등의 物理的 操作
- (2) 제련
- (3) 石油化學工業
- (4) 石炭의 流動層燃燒
- (5) 에너지工學(석탄 가스화, 핵연료 cycle 등)
- (6) 環境技術의인 廢棄物處理
- (7) 生物學的 流動層(生物工學的 水處理)
- (8) 三相 流動層

以上の 應用分野別 實例는 報告된 文獻에 記述되어 있으므로 參考하기 바라며 流動層이 環境工學的인 面에서 利用되고 있는 動向을 論述하고자 한다.

2. 유동층 연구

流動層에 관한 연구는 産業工程에 應用하기 위한 基礎研究로 시작되어 1985년까지 流動層研究에 관한 “化學工學” 학술지에 發表된 研究機關別 연구실적은 4페이지의 참고자료와 같다.

環境問題와 연관된 流動層研究은 石炭의 燃燒利用을 들 수 있다.

石炭品質의 다양성과 매연, 분진, 황산화물(SO₂), 질소산화물(NO_x) 등과 같은 環境公害物質의 分散은 재래의 스토카식이나 微粉炭 연소 방식으로는 해결이 어렵고 流動層燃燒에 의해서만이 可能하게 되었다.

流動層燃燒은 연소의 광범위성, 脫黃效果, NO_x 배출저하등의 環境汚染을 감소시킬 수 있다는 重要한 利點이 있을 뿐만 아니라 設計의 小型化, 自動化, 清潔化등의 관점에서 우수성이 立證되고 있으며 연소의 효율성, 운전, 유지보수의 용이성 및 투자비의 經濟性등이 認定됨으로서 在來式보다 우수함은 물론 環境工學的인 면에서 學者나 産業體에서 流動層에 대한 매력을 가지게 되었다.

더욱 近間 가동예정인 서울특별시 廢棄物 처리 공장의 廢棄物 연료, 産業用 Sludge 등의 연소에 流動層이 도입되고 있다.

비단 流動層研究은 以上の 다양한 化學工業에 널리 應用되고 있을뿐 아니라 序頭에서 言及한 바와같이 최근에 廢水處理에 利用되고 있다는 사실이다.

生物學的 廢水處理方法에는 活性슬러지法과 撒水濾床法이 대표적으로 쓰인다. 活性슬러지法은 廢水を 계속 供給하면서 曝氣하면 각종의 호기성 微生物이 번식하게 되고 이들 미생물들은 부유상태에 있는 슬러지에 附着하여 廢水中 각종 영양 물질을 흡수하고 또 포기에 의해서 공급된 산소와 理化學的 反應에 의하여 세포가 成長하면서 廢水中 汚染源이 除去 淨化되는 과정이다.

그러나 活性슬러지法에서는 충분한 산소공급과 원활한 교반상태 유지에 한계가 있어서 슬러지 농도를 5g/l 이하로 制限하고 있고 上澄水와의 분리등에 問題性이 있는 장치공정이다.

반면 撒水濾床法은 濾過床에 미생물이 부착된 固定層을 使用함으로써 매디아에 부착된 微生物膜은 活性슬러지法과 같은 부유상태에 있는 微生物系보다 單位面積當 더 많은 微生物量을 유지시

킬 수는 있으나 微生物膜에 의한 매디아 사이의 閉鎖와 密着으로 因한 微生物膜에의 動的인 物質 擴散妨害 등의 문제가 있다.

이러한 어려운 問題를 해결하기 위하여 開發한 것이 生物學的 流動層에 의한 處理法이라 할 수 있다.

여기서 生物學的 流動層(Biological Fluidized Bed)이란 微生物이 부착하여 서식할 수 있는 매디아를 적당량 넣은 후 馴養된 活性슬러지로서 殖種하여 反應器에 廢水和 공기를 向流式으로 流入操作하거나 廢水を 豫備曝氣하여 流動狀態가 되도록 할 때 매디아에 부착된 高濃度 微生物에 의하여 廢水中 有機炭素계통의 有機物質과 암모니아성 질소등의 無機物質을 效果적으로 除去할 수 있는 方法이다.

이 때 廢水處理에서 生物學的 流動層 工程을 利用할 경우 反應器의 微生物濃度가 높기 때문에 反應器의 크기를 減少시킬 수 있다는 長點과 工程上的 미생물이 매디아에 부착된 상태로 머물러 있기 때문에 슬러지 返送이 필요없고, 또한 매디아로부터 슬러지를 直接 除去할 수 있으며 活性 슬러지法을 이용하는 既存 처리시설의 曝氣槽에 적당한 매디아를 넣어서 처리용량을 增大시킬 수 있는것등의 有用성을 갖는 工程이다.

流動層 反應器를 利用한 廢水處理利用 效果를 概略하면 다음과 같다.

TBOD₅ 17,300mg/l 인 酒精廢水を 試料로 하하였더니 流動層 微生物量 11,000 mg/l 까지 할 수 있었고 최적 회석비 7배에서 체류시간 5시간에 有機物 除去速度, 0.93 hr⁻¹, 除去率 93% 結果를 얻었다.

또한 廢水中 窒素成分 除去研究의 일환으로 合成廢水を 調製하여 窒酸化 反應을 研究하기 위하여 流動層 매디아로 직경 0.45mm인 모래를 利用한 結果 本理論은 窒酸化反應이 二段階로 이루어지는 것을 고려하며 四段階 生物學的 流動層 공정을 考案하여 4페이지 그림과 같은 장치로 실험하였다.

그래서 본 工程을 利用함으로써 窒酸化反應이

可能하였으며 窒酸化反應은 全工程에 걸쳐서 88 ~ 97% $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 이 除去됨을 보여주었다. 本反應은 여러가지 環境制限因子들의 영향이 큰 것도 알 수 있었다.

3. 맺는말

今世紀에 들어서 流動層利用이 대단히 便利한 工程으로 認定받게 됨으로서 化學工程에 다양하게 應用되고 있으며 또한 學界에서도 깊이 있는 研究가 進行되고 있다.

環境工學의 工程에 流動層 利用 動向은 空氣 汚染 問題가 되는 연소 生成物中 SO_x, NO_x 를 감

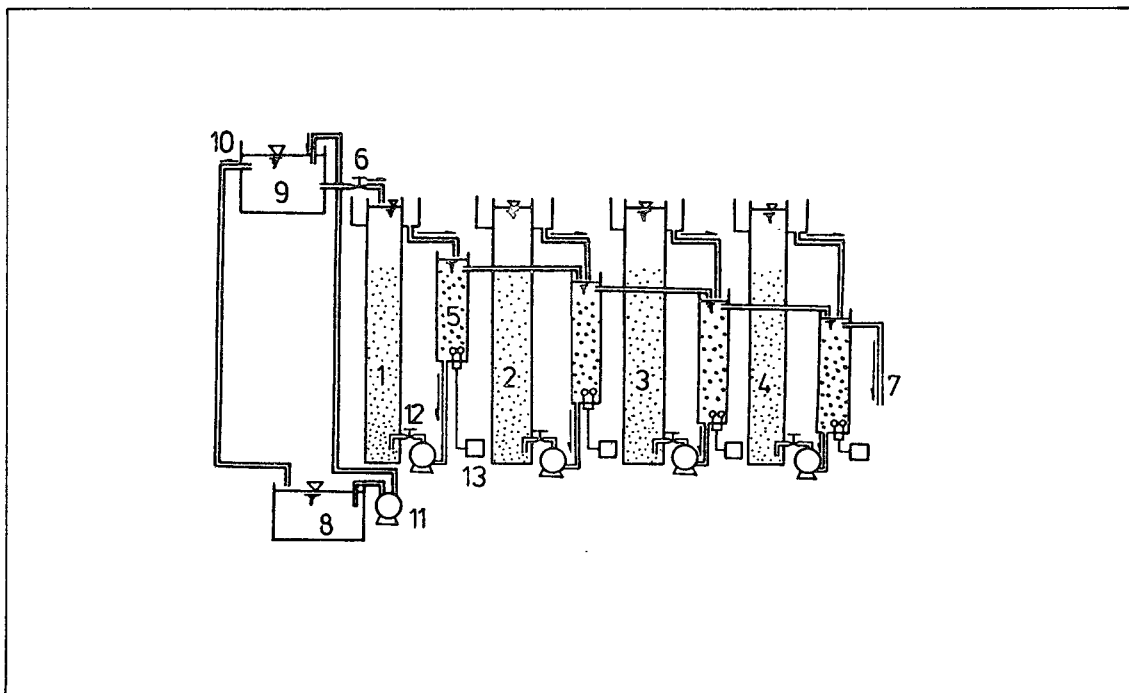
소시킬 수 있다는 利點을 지닌 流動層 연소로를 利用함으로써 대기오염 방지에 效果的인 方法이 立證되었고 앞으로도 크게 기여할 것으로 생각된다.

廢水處理에서 그동안 다양한 變法이 舉論되었으나 根本적으로 두드러진 結果를 얻지 못했으며 제시된 流動層 연구에서는 매우 效率的인 工程임이 밝혀졌다. 그러나 이 工程을 충분한 理論的 研究背景에서 開發應用한다면 有機物뿐 아니라 無機物까지도 完全處理가 可能할 것으로 예상된다. *

<참고> 한국의 분야별 연대별 유동층 연구

시스템	기초		연구 분야	1963 - 1969	1970 - 1979	1980 - 1985	총 논문 수
	응용						
氣 固 系 (GAS F B)	기	유동화상태	2 (서울대)				2
		열전달	3 (한양대)	2 (고려대)	1 (과기원)	7	
		고체 혼합	3 (한양대)	2 (과기원)	1 (동자연)	5	
		가스 혼합	1 (한양대)		1 (고려대)	2	
		기포	1 (한양대), 1 (서울대)		1 (과기원)	2	
	초	동특성	2 (한양대)			2	
		수치모델	1 (서울대)			1	
		비말동반			2 (서강대)	2	
		Scale up	1 (한양대)			1	
		내삼물	2 (금속중연), 1 (한양대)	2 (과기원)		5	
		순환유동층 연 소			3 (과기원) 2 (동자연) 1 (고려대)	3 3	
		(소계)	(17)	(6)	(12)	(35)	
응 용	응	건조	2 (한양대)				2
		제련	1 (한양대), 1 (서울대)	1 (한양대)		3	
		가스화	1 (한양대)		2 (과기원)	3	
		유황의 회수			2 (과기원)	2	
			(소계)	(5)	(1)	(4)	(10)
		(중계)	(22)	(7)	(16)	(45)	

液 固 系 (LIQUID FIXED BED)	기초	유동 특성 고체 혼합		2 (고려대)	2 (전남대)	2
	응용	폐수처리			1 (서강대), 1 (전북대)	2
	응용	전극반응기			4 (고려대), 1 (과기원)	5
		탈질소반응 (중계)		(2)	1 (과기원), 1 (에너지연)	2
				(11)	(13)	
氣 液 固 系 (THREE PHASE FIXED BED)	기초	유동화 상태 열전달 Hold up 기포	2 (한양대) 1 (한양대) 1 (한양대)	1 (과기원)		3 2 2
	응용	Citric acid 생성			1 (과기원) 1 (서울대)	1 1
		(중계)	(4)	(1)	(4)	(9)
		(대계)	(26)	(10)	(31)	(67)



〈참고〉 Schematic diagram of 4 stage continuous fluidized bed reactor for synthetic wastewater treatment.