

纖維狀活性炭에 의한 有機化合物의 吸着特性 (II)

孫 晉 彥 · 李 時 元

東亞大學校 工科大學 化學工學科

(1989年 5月 6日 接受)

Adsorption Characteristics of Organic Compounds on the Activated Carbon Fiber (II)

Jin-Eon Sohn, Si-Won Lee

Department of Chemical Engineering, Dong-A University 604-714, Korea

(Received May, 6, 1989)

요 약

ACF을 이용한 컬럼흡착에서 유기물의 액상흡착을 크로마토그래피에 의하여 측정하였다. 박테리아가 없는 상태에서의 텍스트로스의 흡착평형상수 K_a 는 $72.5\text{cm}^3/\text{g}^\circ$ 였으며 박테리아 공존상에서의 K_a 값은 $87.9\text{cm}^3/\text{g}$ 을 나타내였다. 이것은 ACF床의 박테리아의 존재가 유기물의 흡착평형상수 증가에 기여함을 알 수 있었다. 축방향혼합확산계수 E_z 는 박테리아의 유무에 의존하지 않았다.

ABSTRACT

Liquid phase adsorption of organic compounds solution on the activated carbon fiber was measured by chromatographic method in a packed column.

Adsorption equilibrium constant K_a of dextrose solution was found to be $72.5\text{cm}^3/\text{g}$ on ACF without bacteria growth, while in the bacterial ACF packed column K_a was $87.9\text{cm}^3/\text{g}$.

It is suggested that for biological ACF there is a large contribution of bacterial activity to the adsorption equilibrium constant.

Axial dispersion coefficient E_z was determined to be in proportional to flow rate and $\text{Pe} = dpu/E_z$ independent of existence of bacteria.

1. 서 론

하천과 그밖의 수역에는 가정에서의 下水, 식품 가공업, 펄프업, 석유화학공업, 고무공업 폐수 등으로부터의 排水로 인하여 많은 오염이 되고 있으며 그러한 排水 중에는 많은 양의 有機物이 혼합되어 있다. 일반적으로 이러한 排水處理는 우선 沈殿, 濾過시킨 후 주로 生物處理에 의하여 정화시키며 많은 양의 유기물이 수중에 존재하는 오늘날에는 보다 우수한 高度處理 방법이 절실히 요구되는 실정이다.⁽¹⁾ 유기물을 함유한 排水를 처리할 때 흡착장치의 흡착컬럼 내에서 미생물이 増殖함으로 흡着容量에서 예측 가능한 컬럼의 壽命을 능가시킬 수 있는 处理가 가능한 것이 알려지고 있다.⁽²⁾⁽³⁾

본 연구에서는 종래의 일반활성탄 보다도 흡착 속도가 매우 빠르고 미생물의 번식조건이 매우 양호한 섬유상활성탄(Activated Carbon Fiber : ACF)⁽⁴⁾을 흡착제로 사용하여 제 1報⁽⁵⁾에 연이어 각종유기물의 흡착특성 평가 및 흡착컬럼에 排水를 통액시키므로 自然增殖하는 미생물에 의한 유기 물의 分解특성 평가 등을 크로마토그래피에^{(6)~(9)} 의하여 연구 검토 하였다.

2. 실험

2.1. 흡착제

실험에 사용한 흡착제는 ACF FR-15(日本クレ化學(株)製)이며 섬유경이 $11\mu\text{m}$, 비표면적

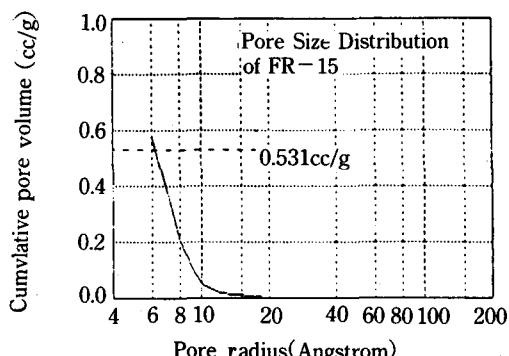


Fig. 1. Pore size distribution of ACF

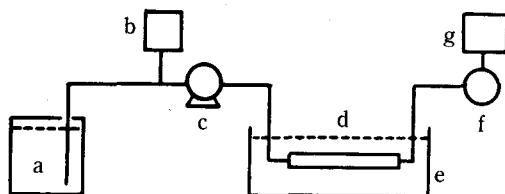


Fig. 2. Experimental apparatus of column adsorption

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| a. Ion exchanged water | b. Feeder |
| c. Pump | d. Adsorption column |
| e. Thermostat | f. Fraction collector |
| g. Analyzer | |

이 $1,360\text{m}^3/\text{g}$, 세공용적이 0.531cc/g°]다.

ACF FR-15의 細孔分布 측정은 Micromeritics 社 표면적세공용적 분석장치(200-A型)로 액체질소 온도에 대한 질소 흡착등온선을 측정하여 Cranston-Inkley법으로 산출하였으며 그 결과는 Fig. 1과 같다.

2. 2. 실험방법

실험장치는 Fig. 2와 같다.

내경이 1.5cm, 길이 6cm의 유리컬럼을 이용하여 ACF를 0.1g/cm^3 의 조건으로 충진시킨 후 10mg/l 텍스트로스 수용액을 통액시켜 Fig. 3과 같이 흡착 평형을 구한 후 ACF 固定床에 먼저 일정 유속으로

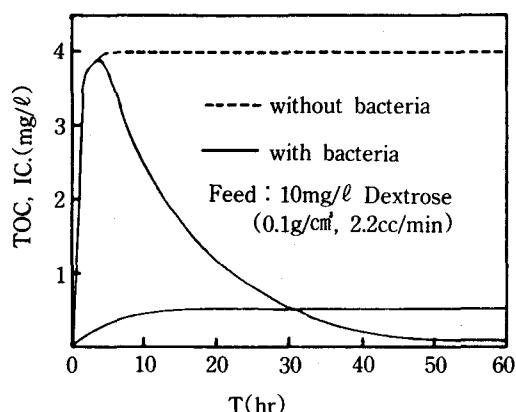


Fig. 3. Break through curves of the ACF packed column with bacteria

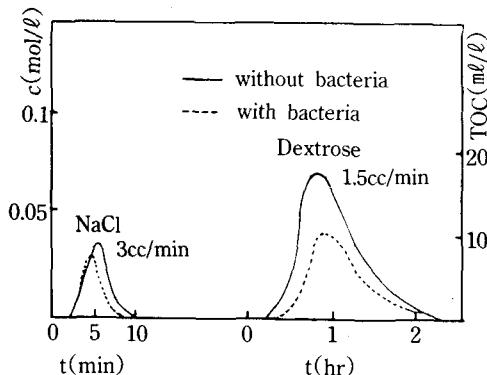


Fig. 4. Typical chromatographic peaks for the impulse of dextrose & NaCl solution

純水를 carrier로 해서 각종 유기물의 impulse 응답을 구하였다. 다음에 人工下水(BOD : N : P를 100 : 5 : 1)를 통액시켜 ACF床에 박테리아를 자연증식시켜 흡착평형을 구한 후 榮養水(N : P를 5 : 1)를 carrier로 해서 각종 유기물의 impulse 응답을 구하였다. 출구농도의 측정은 분광광도계, 전유기탄소분석기, 전기전도계 등을 이용하였으며 실험온도는 298K에서 행하였다. 유기물의 impulse 응답 peak의 一例를 Fig. 4에 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 吸着平衡常數

덱스트로스 및 NaCl 수용액의 흡착평형은 흡착을 동반한 ACF 충진컬럼으로부터 1차절대 모우멘트 μ_1 解式은 式(1)에 의해서 Fig. 5의 plot로부터 흡착평형상수가 계산될 수 있다.

$$\begin{aligned} \mu_1 &= \int_0^\infty C_e(t)t \cdot dt / \int_0^\infty C_e(t) \cdot dt \\ &= \frac{z}{u} \left\{ 1 + \frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon} \cdot \varepsilon_p \left(1 + \frac{\rho_p}{\varepsilon_p} \cdot K_a \right) \right\} \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

NaCl 수용액의 흡착평형상수 K_a 값은 박테리아가 증식함에 있어서 적어졌지만 덱스트로스의 경우는 K_a 값이 박테리아가 증식함에 따라 점점 커짐을 알 수 있으므로 박테리아의 존재가 유기물의 흡착평형상수 증가에 기여함을 알 수 있었다.

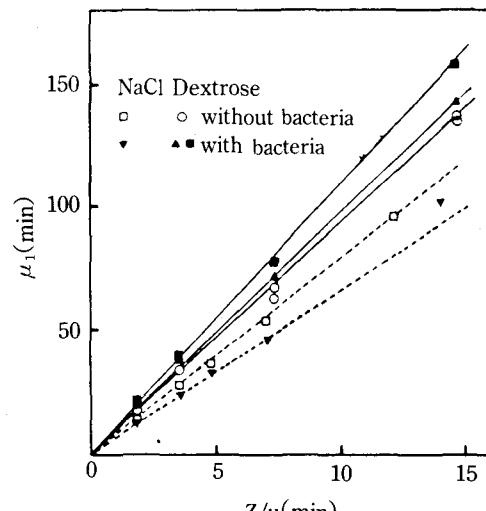


Fig. 5. Ist moment data analysis for the impulse of NaCl & dextrose solution

3. 2. 軸方向擴散과 吸着速度

impulse 응답으로부터 2차 중앙 모우멘트 μ'_2 解式은 式(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \mu'_2 &= \frac{2z}{u} \left\{ \frac{EZ}{u^2} \left[1 + \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \cdot \varepsilon_p \left(1 + \frac{\rho_p}{\varepsilon_p} \cdot K_a \right) \right]^2 \right. \\ &\quad \left. + \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \left[\rho_p \frac{K_a}{k_a} + \frac{R^2 \varepsilon_p^2}{15} \left(1 + \frac{\rho_p}{\varepsilon_p} \cdot K_a \right)^2 \times \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \left(\frac{1}{D_e} + \frac{5}{k_a R} \right) \right] \right\} \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

式(2)에서 H를 다음식과 같이 정의한다.

$$H = \frac{\mu'_2 / (2z/u)}{\left[\mu'_2 / (Z/u) \right]^2} \dots\dots\dots (3)$$

$$H = H_0 + \frac{d_p}{u} \cdot \frac{1}{Pe} \dots\dots\dots (4)$$

式(5)에서 $1/u$ 에 대하여 H를 plot 한 결과를 Fig. 6에 나타내었다.

Fig. 6에 의하면 NaCl과 덱스트로즈 수용액은 거의 박테리아의 유무에 의존하지 않고 하나의 직선으로 정리되며 이들 직선의 기울기로부터 축방향 확산계수 Ez 에 의한 Pe數($d_p u / \varepsilon Ez$)을 구할 수 있다. 덱스트로즈의 경우 Pe數는 0.002, NaCl

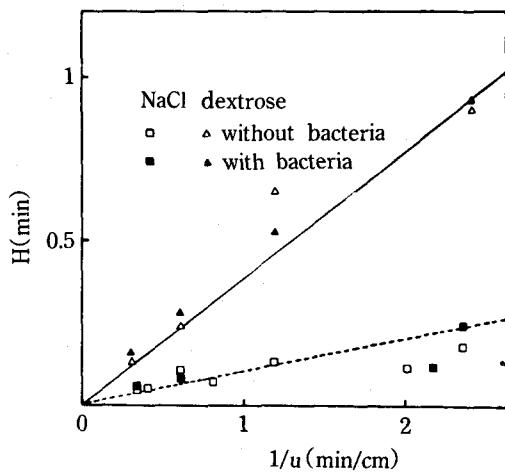


Fig. 6. Dependency of H on 1/u

수용액은 0.01을 나타내고 있다.

3.3. 有機物의 微生物에 의한 分解特性

박테리아 공존하의 impulse 응답은 미생물 존

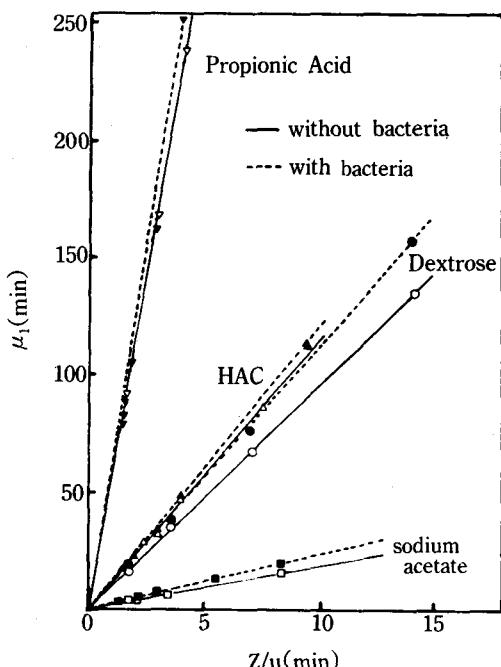


Fig. 7. Decomposition character of various organic matter

재에 의한 컬럼내의 혼합 확산 불변, ACF의 흡착 불변 그리고 흡착 속도는 미생물의 면적비율만을 고려하고 반응에 의한 소멸을 무시한다면 다음과 같은 식을 적용할 수 있다.

각종 유기물의 박테리아 공존하의 흡착 평형을 式(6)에 의해서 Fig. 7과 같이 나타낼 수 있다.

Fig. 7에 의하면 각종 유기물이 박테리아 존재 하에서 흡착평형상수가 증가함을 알 수 있었다. 또한 각종 유기물의 $1/u$ 에 대하여 H 를 plot한 결과를 Fig. 8에 나타내었다. 여기에서 유기물은 모두 박테리아의 유무에 축방향확산은 거의 의존하지 않음을 알 수 있었다.

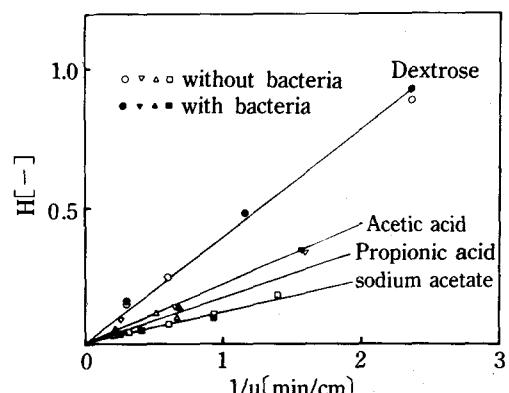


Fig. 8. H on 1/u from various organic matter

4. 결 론

ACF에 의한 유기물흡착에 있어서 ACF床에 박테리아가 증식됨에 따라 각종 유기물의 흡착 및 분해특성을 크로마토그래피에 의해서 행한 결과 다음과 같다.

1. 텍스트로즈의 흡착평형상수 K_a 는 $72.5\text{cm}^3/\text{g}$

이었으며 박테리아 공존하에서의 K_a 값은 $87.9 \text{ cm}^3/\text{g}$ 이다.

2. ACF床의 박테리아의 존재가 유기물의 흡착 평형상수 K_a 증가에 기여함을 알 수 있었다.

3. ACF 흡착칼럼에서의 유기물 흡착에 있어서 축방향확산은 박테리아의 유무에 의존하지 않음을 알 수 있었다.

〈後記〉 본 논문은 東亞大學校 工科大学 韓國資源開發研究所의 88年度 研究費支援에 의하여 수행된 것임을 밝히며, 감사합니다.

Nomenclatures

C : concentration, mole/cm³

C_e : concentration at the exit, mole/cm³

d_p : diameter of the fiber, cm

E_z : longitudinal dispersion coefficient in the bed, cm²/min

H : normalized second moment defined,-

K_a : adsorption equilibrium constant on ACF, cm³/g

K_r : first order reaction rate constant, 1/min

P_e : Peclet number defined as dpu/E_z , -

t : time, min

u : superficial velocity of fluid in the bed, cm/min

z : column length, cm

Greek symbols

δ_{bio} : volumetric fraction of biomass in the bed,-

ε_p : void fraction in the ACF bed,-

μ_0 : zeroth reduced moment,-

μ_1 : first absolute moment, min

μ_2 : second central moment, min²

ρ_p : ACF fiber density, g/cm³

ρ_{bio} : biomass density based on wet volume, dry g/cm³
wet volume

참 고 문 헌

1. 鈴木, 工業用水資源の現状と処理技術の方向, 生産研究, 31, 18(1979)
2. 原田, 微生物処理技術の展望, 公害防止産業 6, 38, (1973)
3. 根井, フェノール類の微生物分解に関する研究, 酸工, 49, 655(1971)
4. 河添, 追田, 活性炭素纖維の水浄化の應用, 化學工學, 5, 3 (1986)
5. 孫晋彦, 鈴木, 纖維狀活性炭에 대한 有機化合物의 吸着에 카니즘에 관한 연구, 大韓環境工學會誌, 9(1), 21 (1987)
6. Suzuki M., and J. M. Smith : *Advances in Chromatography*, 13, 213 (1975)
7. Suzuki M., and J. M. Smith : *Chem, Eng, Sci.*, 26, 221 (1971)
8. Suzuki M., *J. Chem, Eng, Japan* 6, 540 (1973)
9. Sakoda, A. et al, *Wat, Res* 21(6), 717 (1987)