

廢 페인트 活性炭의 吸着特性

朴 柱 浩 · 朴 勝 祚

東亞大學校 環境工學科

Adsorption Characteristics of Waste-Paint Activated Carbon

Jeong-Ho Park and Seung-Cho Park

Department of Environmental Eng., Dong-A University

요 약

CSAC와 WPAC의 흡착특성을 보면 H공장 2차 처리수와 D공장 배출수에 함유된 ABS 흡착에서 얻어진 Freundlich 흡착등온식은 WPAC인 경우 $q=23.12 C^{0.42}$, $q=18.32 C^{0.38}$ 이고 CSAC인 경우 각각 $q=36.76 C^{0.37}$, $q=26.67 C^{0.42}$ 이었다. H공장 방류수의 파괴점은 CSAC인 경우 680분이었고 WPAC는 610분이었다. 한편 D공장 배출수의 파괴점은 CSAC인 경우 720분이었고 WPAC은 640분이었다. 이상의 결과로부터 CSAC 대체물로서 WPAC이 가능성이 있을 것으로 생각된다.

주제어: ABS, Freundlich 흡착등온식, 야자각 활성탄(CSAC), 폐 페인트 활성탄(WPAC)

ABSTRACT

Comparing the adsorption characteristics of coconut shell activated carbon (CSAC) and waste paint activated carbon (WPAC), Freundlich adsorption isotherms of alkylbenzene sulfonate (ABS) obtained from the secondary treatment water of H company and effluent of D company were estimated $q=23.12 C^{0.42}$, $q=18.32 C^{0.38}$ with WPAC and $q=36.76 C^{0.37}$, $q=26.67 C^{0.42}$ with CSAC respectively. In the case of H company, breakthrough time of the ABS using CSAC by continuous experiment was estimated 680 minute and that of WPAC was 610 minute. In the case of D company effluent, CSAC was estimated 720 minute, and that of WPAC was estimated 640 minute to reach the breakthrough. From the above results, it is possible to replace the coconut shell activated carbon with wasted paint activated carbon.

Key words: alkylbenzene sulfonate (ABS), freundlich adsorption isotherm, coconut shell activated carbon (CSAC), waste paint activated carbon (WPAC)

1. 서 론

숯의 일종인 목탄이 가스를 흡착할 수 있다는 사실이 Scheele¹⁾나 Fontana²⁾ 등에 의하여 알려졌으며 용액 중에서 유기물을 흡착할 수 있다는 실험적 근거는 Lowitz³⁾에 의하여 입증되었다. 그 이후 목탄 및 활성탄 제조기술이 발달하게 되어 이에 대한 기초적인 연구^{4,8)}가 많이 이루어졌다. 활성탄은 야자각, 톱밥 등⁹⁾ 자연계에서 천연적으로 발생하는 것을 원료로 하여 제조하였으나 최근 Balci

등은 씨앗껍질, 왕겨 등 농업 폐기물을 원료로 하여 활성탄을 제조하여 특성을 검토하였다.¹⁰⁾ 활성탄은 공기정화, 용매회수, 배연탈황, 질소 화합물의 탈질, 상수 원수 처리, 하수나 분뇨의 고도처리 및 산업 폐수처리 등에 이용되고 있다. 이와 같은 활성탄 응용의 다양성을 고려하여 본 연구에서는 자동차 공장에서 배출되고 있는 탄소성분이 많이 함유된 폐 페인트를 제조 시료로 선정하여 폐기물로 활성탄을 제조하여 자동차 공장폐수와 염색공단 폐수중에 함유된 계면활성제 성분을 흡착하여 흡착등온선, 흡착속도 및 파괴곡선 등에 대한 검토를 하였다.

* 2000년 8월 22일 접수, 2000년 11월 21일 수리

* E-mail: sjpark@donga.ac.kr

2. 실험

2.1. 장치

회분식 실험장치와 연속식 실험 장치의 개략도를 Fig. 1 와 Fig. 2 에 제시하였다.

2.2. 시료

시료는 폐 페인트를 원료로 하여 최대 1200°C 까지 승온할 수 있는 전기로를 사용하여 제조하였다. 장치는 내경 50 mm 높이 150 mm인 SUS316 중공관을 사용하였고 하부에는 5 mm 스텐관을 설치하여 한쪽에는 불활성 분위기를 유지할 목적으로 질소가스를 주입하였다. 다른 관을 통해 수증기를 주입하여 대상 시료를 탄화한 후 활성화 시켜 활성탄을 제조하였다.¹⁰⁾ 폐 페인트를 원료로 하여 활성탄을 제조하고 본 실험에서는 ABS 흡착시료로 사용하였다. 실험에 사용한 활성탄중 야자각으로 제조한 활성탄(coconut shell activated carbon,

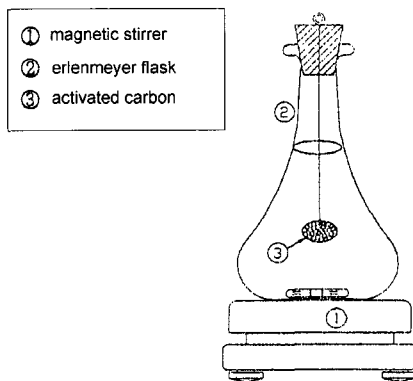


Fig. 1. Schematic diagram of batch type experimental apparatus.

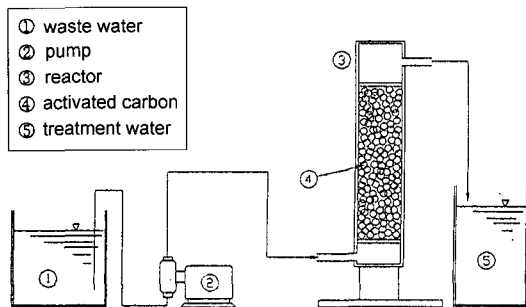


Fig. 2. Schematic diagram of continuous type experimental apparatus.

CSAC)과 폐 페인트로 제조한 활성탄(waste paint activated carbon,WPAC)은 각각 CSAC와 WPAC로 명명하였다. 참고로 CSAC와 WPAC의 물성을 Table 1 에 제시하였다

2.2.1. 폐수의 성상

시료는 H 사 2차 처리수와 D 공단 최종 방류수를 사용하였으며 폐수의 성상은 Table 2 에 제시하였고 시료의 특성을 파악하기 위하여 ABS 를 측정하였다.

2.3. 방법

2.3.1. 회분식 실험

회분식 실험은 1.0 l 의 삼각플라스크 내부에 흡착제로 8/10 mesh의 활성탄을 넣은 다음 교반하면서 반응시간 변화에 따른 흡착질 농도를 측정하였다. 그리고 시료 1.0 l 에 활성탄을 0.5 g 씩 첨가하면서 흡착실험을 하여 ABS 흡착 속도 및 활성탄 단위 중량당 흡착된 ABS 농도를 측정하였다.

2.3.2. 연속식 실험

내경 20 mm 길이 250 mm인 아크릴 관을 사용하였으며 제조 활성탄 15 g 을 충전한 후 유량을 5 ml/min

Table 1. Physical properties of waste activated carbon using solid wastes¹⁰⁾

Properties	CSAC	WPAC
Apparent density (g/cc)	0.44	0.37
Particle size (Mesh)	8 × 10	8 × 10
Real density (g/cc)	2.1	1.8
Void space (%)	37	38
Hardness (%)	92	68
Moisture (%)	2.1	2.1
Volatile matter (%)	2.2	3.5
Ash (%)	4.3	3.5
pH	10.5	9.5
Cl ⁻ (mg/l)	121	157

Table 2. Characteristics of secondary treatment wastewater of H company and effluent of D dyeing complex.

Item	Sample	Secondary treated waste water of H company	Effluent of D dyeing complex
ABS (mg/l)		7.5	4.2
COD _{cr} (mg/l)		54.5	154.0
Color (units)		128.0	293.0

으로 유지하고 20 분간 반응시켰다. 또한 유출수의 시료 측정간격을 30 분으로 하여 시간의 변화에 따른 유출농도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 폐수중의 ABS 흡착평형

H 자동차회사 2차 처리수와 D 염색공단 최종 방류수를 시료로 하여 CSAC과 WPAC에 ABS흡착평형 농도를 측정하였다. 실험결과 잔류농도는 x축, 흡착제 g 당 흡착량은 y축에 플롯한 흡착등온선을 Fig. 3 에 도시하였다.

Fig. 3 를 보면 CSAC 에서 $q=36.76 C^{0.37}$ 이고 WPAC 에서는 $q=23.12 C^{0.42}$ 이었고 1/n 값은 각각 0.37, 0.42 이었다. Freundlich 등온흡착식에서 1/n 값이 0.1~0.5 이면 흡착이 용이하게 일어나고 1/n 값이 그 보다 작을 때는 흡착이 어렵다고 알려져 있다.⁹⁾ 따라서 이러한 내용을 토대로 하여 검토하여 보면 본 실험에서 CSAC과

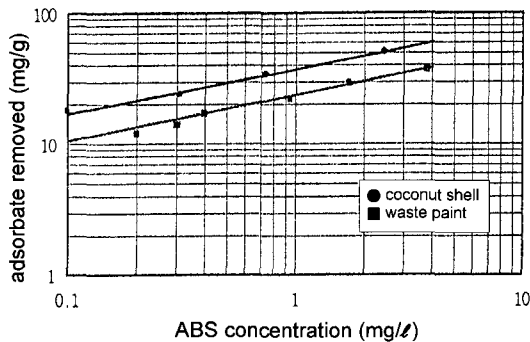


Fig. 3. Freundlich isotherms of ABS from secondary treatment of H automobile company.

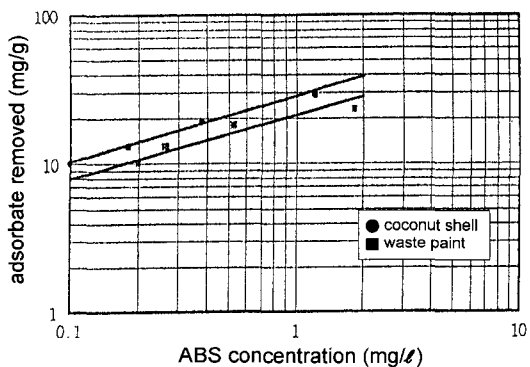


Fig. 4. Freundlich isotherms of ABS from D dyeing complex.

WPAC에 ABS 흡착이 순조롭게 일어남을 알 수 있었다. CSAC과 WPAC의 등온흡착식을 비교하여 보면 CSAC이 WPAC 보다 ABS에 대한 흡착이 높게 나타났다. 이것은 활성탄이 가지고 있는 물성에 원인이 있을 것으로 추정된다. 한편 D 염색공단 최종 방류수에 함유한 ABS의 흡착 실험을 한 결과를 Fig. 4 에 정리하였다.

Fig. 4 를 검토하여 보면 CSAC의 경우는 $q=26.67 C^{0.42}$ 이고 WPAC 에서는 $q=18.32C^{0.38}$ 이었고 1/n 값은 각각 0.42, 0.38 이었다. 이는 1/n 값이 0.1~0.5 사이에 존재하고 있으며 k 값은 CSAC은 26.67이고 WPAC는 18.32로 CSAC이 WPAC 보다 ABS 흡착력은 우수하였다. CSAC과 WPAC 의 H 자동차회사의 2차 처리수중에 존재하는 ABS 흡착시에 활성탄 투입량과의 ABS 농도간의 관계를 Fig. 5 에 제시하였다.

Fig. 5 를 보면 H 자동차 회사 2차 처리수중의 ABS에 대한 흡착실험 결과 ABS 농도를 90% 제거하는데 필요한 q 값은 CSAC인 경우 0.029이고 WPAC의 경우는 0.019이었다. 이는 CSAC 투입량이 자동차 회사 폐수 1.0 l에 0.23 g 이고 WPAC는 0.35 g이 소비되는 것을 알 수 있었다. 그러므로 회분식 흡착반응에서 ABS 흡착실험 결과 활성탄의 최적 투입량은 CSAC이 WPAC 보다 0.12 g/l 적게 투입되었다.

Fig. 6 에는 D 염색공단 최종 방류수중의 ABS에 대한 CSAC 과 WPAC에 대한 흡착실험 결과 ABS 유출농도를 90% 제거하는데 필요한 q 값을 결정하였다.

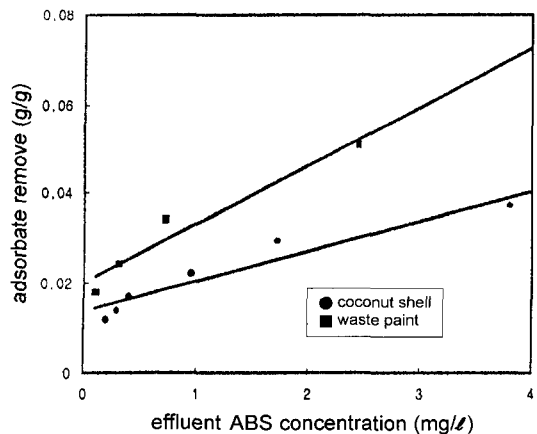


Fig. 5. Relationship between effluent ABS concentration and amount of ABS adsorbed in the effluent of H automobile company.

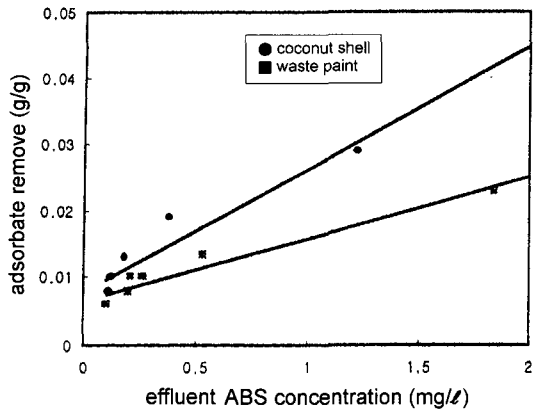


Fig. 6. Relationship between effluent ABS concentration and amount of ABS adsorbed in the effluent of D dyeing complex.

CSAC의 경우 q 값은 0.009이고 WPAC은 0.013 이었다. 이는 CSAC 투입량은 폐수 1t당 0.29g의 CSAC이 필요하다는 것을 알 수 있었고 WPAC은 0.42g이 최적 투입량을 알았다. 회분식 흡착반응 실험에서 활성탄 투입량을 결정한 결과 D 염색공단 최종 방류수의 ABS를 90% 제거하는데 필요한 CSAC 및 WPAC 투입량은 CSAC이 WPAC보다 0.13g 적게 투입되는 것을 알 수 있다. 이를 미루어 보아 CSAC이 WPAC보다 ABS 흡착력은 우수하였다. Table 3에 회분식 실험에서 얻은 ABS 제거에 대한 흡착등온식을 제시하였다.

Table 3에 제시한 H 자동차의 2차 처리수 흡착등온식으로 부터 도출한 K 값은 CSAC와 WPAC에서 각각 36.8과 23.1 이었고 $1/n$ 은 0.37, 0.42 이었다. 그리고 D 염색공단 최종 방류수에 대한 흡착 등온식에서 얻은 K 값은 CSAC와 WPAC에서 각각 26.7과 18.3이었고 $1/n$ 은 0.42 0.38 이었다. $1/n$ 값이 0.1~0.5 사이에 있으므로 흡착이 용이하게 일어남을 알 수 있었다.

Table 3. Freundlich isotherms equation obtained from batch test of effluent of H automobile company and D dyeing complex about ABS

sample	item	H automobile company	D dyeing complex
Coconut shell activated carbon (CSAC)		$q=36.76C^{0.37}$	$q=26.67C^{0.42}$
Waste paint activated carbon (WPAC)		$q=23.12C^{0.42}$	$q=18.32C^{0.38}$

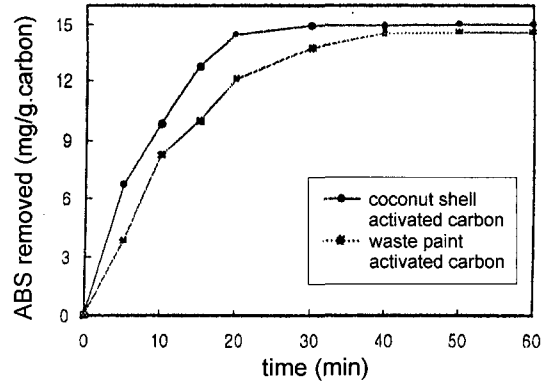


Fig. 7. Adsorption kinetics of ABS in the effluent of secondary treatment of H automobile company.

3.2. 활성탄의 흡착속도

H 자동차 2차 처리수중에 함유된 ABS를 제거하기 위해 CSAC 및 WPAC를 시료 1.0l에 활성탄을 0.5g씩 투입하여 단위 중량당 흡착된 ABS 양을 Fig. 7에 도시하였다.

Fig. 7을 보면 CSAC을 첨가하였을 경우 첨가 20분 후 ABS의 제거율이 95%에 달하였으며 이때 활성탄 1g당 ABS 제거량은 14.4mg/g.CSAC 이었다. WPAC은 반응이 시작 30분후 90%의 제거율을 나타내었고 이때 활성탄 1g 당 ABS 제거량은 13.68mg/g.WPAC 이었다. 활성탄 단위 중량당 흡착능력이 야자각으로 제조한 CSAC이 페 페인트로 제조한 WPAC보다 우수하였다. 또한 D 염색공단 최종 방류수 1.0l에 활성탄을 0.5g씩 투입하여 단위 중량당 흡착된 ABS 양을 Fig. 8에 도시하였다.

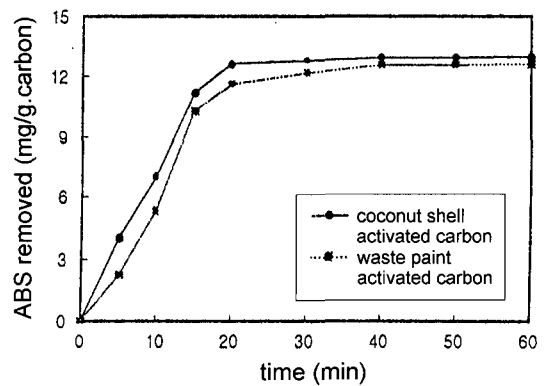


Fig. 8. Adsorption kinetics of ABS in the effluent of D dyeing complex.

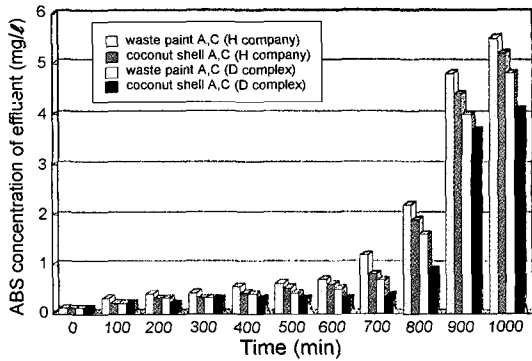


Fig. 9. Breakthrough curve of ABS in the effluent of the effluent of D dyeing complex.

Fig. 8 을 검토하여 보면 CSAC의 경우 반응 시작 20분 후에 90%의 ABS가 제거되었고 이 때 활성탄 1g 당 ABS 제거량은 12.65 mg/g. CSAC 이었다. 이에 비해 WPAC은 반응시작 35분 후에 87%의 제거율을 보였으며 활성탄 1g 당 ABS 제거량은 12.22 mg/g. WPAC 이었다. 이 결과를 종합하여 보면 CSAC에 비해 WPAC가 성능은 떨어지나 폐수처리용 흡착제로 사용가능 할 것으로 생각된다.

3.3. 시간에 따른 유출농도 변화

연속식 실험장치는 내경 20mm, 길이 250mm인 아크릴관을 사용하였으며 CSAC 15g을 충전한 후 유량을 25 ml/min으로 유지하고 선유속은 4.7 m/h로 하여 유출 시간에 따른 유출농도를 측정하여 파과곡선을 구하여 Fig. 9 에 도시하였다.

H 자동차 2차 처리수와 D 염색공단 최종 방류수중의 ABS에 대한 CSAC과 WPAC의 연속식 실험에서 유출농도를 측정하여 90% 제거하는데 필요한 파과시간을 나타내었다. H 자동차 회사의 폐수에 함유된 ABS 농도에 대한 CSAC의 파과시간은 680분이었고 WPAC로 실험한 경우에는 610분으로 나타났다. 한편 D 염색공단 최종 방류수중에 함유된 ABS 농도에 대한 CSAC의 파과시간은 720분이었고 WPAC에 의한 파과시간은 640분이었다. 이 결과로 미루어 볼 때 CSAC이 WPAC보다 파과시간이 늦게 이루어짐을 알 수 있었으며 공장폐수 처리에 있어 CSAC 대체물로서 WPAC이

가능성이 있을 것으로 생각된다.

4. 결 론

CSAC 와 WPAC로 H사 2차 처리수와 D사의 배출수의 ABS에 대한 흡착특성을 비교 검토한 결과 등은 흡착식은 CSAC인 경우 $q=36.76C^{0.37}$, $q=26.67C^{0.42}$ 이고 WPAC인 경우 $q=23.12C^{0.42}$, $q=18.32C^{0.38}$ 이었다. 연속식 실험에 의한 파과시간은 H사 2차 처리수의 ABS에 대하여 CSAC은 680분, WPAC는 610분 이었다. CSAC 투입량은 자동차 공장 폐수인 경우 0.23 g CSAC/l이었고 WPAC는 0.35g WPAC/l임을 알 수 있었다. H 자동차 공장폐수 처리시 활성탄 1g당 ABS 제거량은 14.4 mg/g. CSAC, 13.68 mg/g. WPAC이었고 D 염색공단 최종 방류수에서는 12.65 mg/g. CSAC, 12.22 mg/g. WPAC 이었다.

참고문헌

1. V. R. Scheele, "Bibliography of solid adsorbent", U. S. cane sugar refiners, 689 (1944).
2. F. Fontana, M. Mat. Fis. Ital., 679 (1777).
3. R. C. Lowitz, J. B. Donnet, F. Stoeckli, "Activated carbon", Marcel Dekker press (1988).
4. M. C. Annesini, F. Gironi, M. Ruzzi and C. Tomei, "Adsorption of organic compounds onto activated carbon", Water Res., 21(5), 567-571 (1987).
5. N. Narkis and B. Ben-David, "Adsorption of non-ionic surfactants on activated carbon and mineral clay", Water Res., 19(7), 815-824 (1985).
6. G. Mckay, and J. Murad, "Adsorption of pollutants from wastewater onto activated carbon based on external mass transfer and pore diffusion", Water Res., 22(3), 279-286 (1988).
7. 眞田雄三, "활성탄 기초와 응용", 동아출판사 (1996).
8. 김용권, "활성탄처리기술과 관리", 신광문화사 (1996).
9. H. M. Asforu, "Equilibrium studies on adsorption of basic on hardwood", J. Chem., Biotechnol, 35A, 21-27 (1985).
10. S. Balci, T. Dogu, H. Yucel, "Characterization of activated carbon produced from almond shell and hazeluent shell", J. of chem. technology, 60(4), 419-426 (1994).
11. 박승조 외 4인, "폐기물을 이용한 활성탄 제조에 관한 연구", 한국폐기물학회, 14(7), 661-666 (1997).



朴 征 浩

- 동아대학교 공과대학 환경공학과 학사
- 동아대학교 대학원 환경공학과 석사
- 동아대학교 대학원 환경공학과 박사
- 현재 마산전문대학 환경관리과 겸임 교수, 동아대학교 환경문제연구소 특별 연구원



朴 勝 祚

- 인하대학교 화공과 학사, 석사, 박사
- 日本 東京工業大學 訪問教授
- Dept. of civil and environmental engineering University of Rhode Island, RI, Visiting Professor
- 현재 동아대학교 환경공학과 교수

學 會 誌 投 稿 安 內

種 類	內 容
論 說	提案, 意見, 批判, 時評
展望, 解說	現況과 將來의 견해, 研究 技術의 綜合解說, Review
技 術 報 告	實際的인 試驗, 調查의 報告
技術, 行政情報	價値있는 技術, 行政情報를 간결히 解說하고, comment를 붙인다.
見 聞 記	國際會議의 報告, 國內外的 研究 機關의 見學記 등
書 評	
談 話 室	會員相互의 情報交換, 會員 自由스러운 말, 隨霜 등
Group 紹介	企業, 研究機關, 大學 등의 紹介
研究論文	Original 研究論文으로 本 學會의 會誌에 揭載하는 것이 適當하다고 보여지는 것

수시로 원고를 접수하오니 많은 투고를 바랍니다.