

서울市内 主要支川水中 合成洗劑의 分解度에 關한 研究

李 炳 仁

서울市立大學校大學院 環境工學科

A Study on the Biodegradation of Synthetic Detergents of Major Streams in Seoul

Yi Byung Yin

Department of Environmental Engineering, Graduate School of Seoul City University

Abstract

Since the production of synthetic detergents in 1966, the demand of detergents increased rapidly during the past in Korea.

Its production which was solely for domestic consumption leaped from 402 tons in 1966 to 259387 tons in 1989. Practically all of these products were the anionic detergents primarily sodium salts of Alkyl Benzene Sulfonate(ABS). ABS persists for long periods in stream because of its resistance to biodegradation. Therefore synthetic detergents have been considered major contributors to water pollution.

The detergents give a raise to be noted is foaming at sewage treatment plant and the drinking water contaminated by detergents have often been accompanying taste and odor. So the biodegradable Linear Alkyl Benzene Sulfonate(LAS) has been adapted as the substituents for the Alkyl Benzene Sulfonate (ABS) since the 1980. However, the massive bubbles stemmed from use of synthetic detergents in the sewage treatment plant and the branch of the Han River had been reported.

Therefore, this investigation was undertaken so as to know the pollution of detergents in domestic sewage and the receiving river, and determine the biodegradation of synthetic detergents since ABS has been replaced by LAS in 1980.

The study results on the pollution and biodegradation of synthetic detergents were as follows :

1. The major streams in Seoul were contaminated by synthetic detergents. The concentration of detergents were 2.48 mg/l of Anyangchön.

2. The biodegradation were determined by spontaneous settling and aeration.

Since the LAS was substitute for ABS in 1980, detergents was more easy to biodegradable. The reduction ratio of Tanchön, Chunggranchön, and Anyangchön were 15%, 11% and 16% by the settling and 76%, 77% and 82% by aerations for 5 days.

I. 序 論

産業이 高度化되고 生活水準이 向上됨에 따라 合成洗劑의 使用量이 增大되고 있다.

合成洗劑(synthetic detergents)는 석유정제과정에서 나온 파라핀과 프로필렌을 主原料로 하여 人工的으로 合成한 界面活性劑(surfactant)로 제 1차 世界大戰中 獨逸에서 개발되었으나 제 2차 世界大戰後 美國에서 비누의 代用品으로서 오늘날 使用되고 있는 硬性洗劑의 主成分인 alkylbenzene sulfonate(ABS)를 合成해 낸 이후 많이 使用되어 왔다.^{1,2)}

이렇게 개발된 合成洗劑는 재래식 비누보다 洗滌力이 뛰어나고, 硬度, 鐵分 등 水中이온의 영향을 덜 받으며 使用하기가 편리하고, 값이 低廉하여 全世界적으로 그 需要가 급격히 增大되고 있다.³⁾

우리나라에서도 1966년 alkylbenzene을 輸入하여 402톤의 合成洗劑를 製造, 販賣한 이후, 해마다 그 需要가 급격히 늘어나 1989년에는 259,387톤으로서 全體 洗劑使用量의 60%를 차지하고 있다.⁴⁾

그러나 이와같은 合成洗劑 使用量의 增大는 결국 水系로 放流되어 여러 水質汚染問題를 惹起시키고 있다.

水系에 放流된 合成洗劑는 水質을 汚染시켜 거품, 냄새, 맛 등을 發生시킴으로써 水質源으로서의 價値를 低下시키고, 河川의 自淨作用(self purification)을 妨害하며, 淨水 및 下水의 水處理作用을 妨害함으로써 그 處理費用을 增加시키고 있다.⁵⁾ 또한 合成洗劑의 洗濯效果를 높이기 위해 添加劑(builder)로서 使用되는 磷酸鹽은 水系를 富營養化(eutrophication)시키며⁶⁾, 이와 함께 洗劑自體의 毒性으로 인해 水中生態系에 重大한 威脅을 주는 등 環境汚染問題를 加重시키고 있다.⁷⁾

그리하여 1960년 이후 先進諸國에서는 合成洗劑로 인한 水質汚染을 低減시키고자 生物分解가 어려운 硬性洗劑(ABS)를 生物分解가 용이한 軟性洗劑(LAS)로 代替하여 왔으며, 우리나라 또한 1980년 11월 1일 이후 合成洗劑로 인한 水質汚染問題를 해결하기 위해서 洗劑를 軟性化하였다.⁸⁾

그러나 國民生活水準의 向上으로 인한 衛生觀念의 增進과 增大되는 洗濯機의 普及 및 洗劑가 갖고 있는 便宜性에 의거 해마다 洗劑의 使用이 增加되고 있으며, 이에 따라 最近에는 1980년 이후 洗劑가 軟性化된 이후에도 合成洗劑로 인한 水質汚染問題가 深刻하다는 우려가 다시 提起되고 있

다.⁹⁾ 그것은 分解가 쉬운 軟性洗劑라도 1 주일이 경과되어야만 洗劑의 대부분이 分解되며, 나머지 殘存物은 分解되지 않은 채로 水週日 이상 殘留함으로써 결국 硬性洗劑에서 軟性洗劑로 代替되었다 하더라도 洗劑로 인한 環境汚染問題가 完全히 解決된 것이 아니며, 더욱 外國의 경우에는 下水處理率이 높고, 河川이 길어 洗劑가 分解되는 時間的 餘裕가 충분하지만, 우리나라의 河川은 물길이 짧고, 下水處理가 제대로 이루어지지 않음으로써 날로 그 汚染도가 增大되고 있다는 것이다.¹⁰⁾

따라서 本 研究에서는 合成洗劑가 硬性洗劑에서 軟性洗劑로 代替된 이후, 合成洗劑의 分解度調査를 통해 合成洗劑가 水系에 放流되어 얼마나 分解되는지의 分解程度를 살펴봄으로써 水質管理를 위한 基礎資料를 마련해 보자는 데 그 目的이 있다.

II. 材料 및 方法

1. 採水地點

서울市內의 漢江에 流入되는 主要 河川인 炭川, 中浪川, 安養市의 支川水를 對象으로 1990년 5월 22일 및 23일에 걸쳐 採水하여 調査하였다.

採水地點은 Table 1에서 보는 바와 같이 漢江本流에 流入되기 전의 地點에서 採水

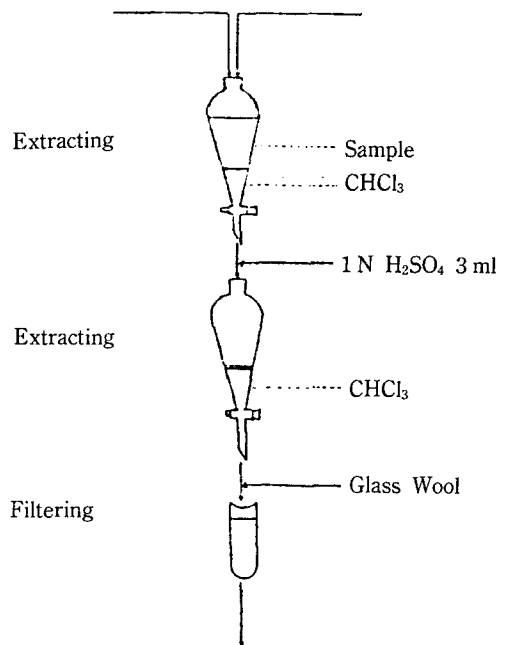
하였다.

2. 合成洗劑의 分析方法

採水된 試料는 環境汚染公定試驗法上의 Methylene Blue法(MBAS)에 의거하여 分析하였다.

이 方法은 水中에 溶解된 Methylene

| | | |
|--|-------|--------------------------|
| Sample | | |
| Distilled water | 50 ml | CHCl ₃ 10 ml |
| 0.05 M Na ₂ BO ₄ | 5 ml | (Extracting) |
| 0.1 N NaOH | 5 ml | & |
| Methylene Blue sol | 5 ml | CHCl ₃ 2~3 ml |



Determinating Spectrophotometer 650 nm

Fig. 1 MBAS Methods for Synthetic Detergents

Table 1 Sampling Sites of Major Streams in Seoul

| Name of Stream | Sampling Site |
|----------------|--|
| Tanchón | Chôngdamgyo, Chamshil 1-dong, Song pa-gu |
| Chungrangchón | Sôngsugyo, Sôngsu-dong, Sôngdong-gu |
| Anyangchón | Yangwhagyo, Yömchang-dong, Kangsô-gu |

Blue가 나트륨이온(Na^+)으로부터 解離된 陰이온 界面活性劑(Anionic Surfactant)와 結合하여 푸른색의 非溶解性鹽을 生成하는 것을 이용하여 이때의 色도가 陰이온 界面活性劑의 濃도에 比例하는 것을 이용하여 吸光光度計(Spectrometer)로 定量하는 것이다.¹³⁾

이 方法을 圖示하면 Fig. 1 과 같다.¹²⁾

3. 分解度 調査

合成洗劑로 汚染된 서울시內의 主要 支川水를 對象으로 自然狀態下에서의 分解度를 알아보기 위해 分解度를 調査하였다.

合成洗劑의 分解度 調査는 環境學的으로 洗劑를 評價하는데 重要한 役割을 한다. 왜냐하면 보다 쉽게 分解되는 化學構造를 가진 洗劑를 使用함으로써 洗劑로 인한 水質 汚染問題를 減少시킬 수 있기 때문이다. 그

리하여 合成洗劑의 分解度에 관한 많은 研究과 調査가 實施되어 왔다.¹³⁾ 實驗室에서 合成洗劑의 分解度를 調査하는 方法으로는 크게 BOD와 CO_2 를 測定하여 分解度를 調査하는 方法과 一定期間이 경과됨에 따라 合成洗劑의 濃도가 減少하는 것을 測定하는 Die-away test, 그리고 生物學的 下水處理法 등을 이용하는 方法등이 있다.¹⁴⁾

本調査에서는 上記의 方法中 비교적 試驗方法이 간단하고, 시간경과에 따른 合成洗劑의 分解度를 쉽게 파악할 수 있으며, 河川水의 分析에 利用되는 Die-away test를 선택하였으며, 특히 自然狀態下에서 河川水의 分解程度를 比較하기 위하여 自然放置時(Spontaneous settling)와 曝氣時(Aeration)로 區分하여 調査하였다. 實驗裝置를 간단히 圖示하면 Fig. 2와 같다.

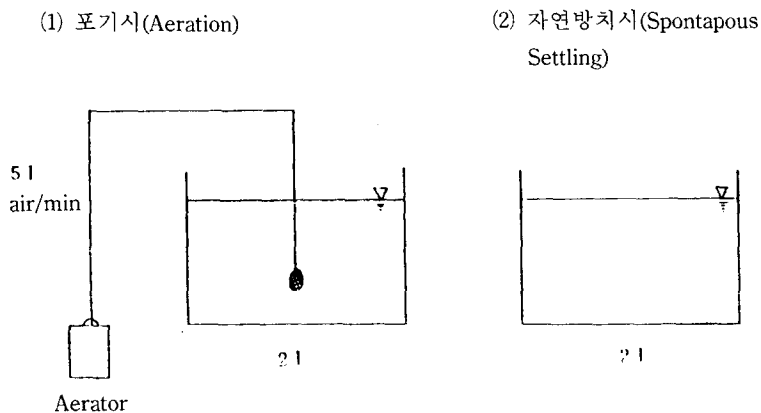


Fig. 2 Apparatus for Biodegradation Test

III. 結果 및 考察

서울市内 主要 支川水中에 含有된 合成洗劑에 대하여 1일부터 10일동안의 自然放置時 및 曝氣時의 分解度는 Table 2와 같다.

Table에서 보듯 우리나라의 合成洗劑의 汚染度는 1980년 軟性화된 이후에도 水系에 放流되어 水質汚染을 加重시키고 있는 것으로 나타났다. 서울市内의 主要 支川인 炭川, 中浪川, 安養市의 경우 각각 2.48 mg/l, 2.87 mg/l의 濃度로서 이미 水中生物이 生長할 수 있는 限界濃度인 飲用水 水質基準인 0.5 mg/l를 상당히 超過하고 있는 것으로 나타나고 있다. 이 數値는 또한 汚穢가 發生되는 限界濃度로서 특히 炭川 및 安養市의 경우에는 漢江에 流入되며 많은 汚穢를 發生시킴으로써 美觀上의 問題點을 惹起시키고 있다.

또한 서울市内 主要 支川水中 合成洗劑의 分解程度는 Fig. 3과 4에서 보듯 대부분 曝氣에 의해 쉽게 分解되는 것으로 나타났으며, 또한 自然放置時보다 曝氣時의 分解

度가 훨씬 빠른 것으로 나타났다.

自然放置時 合成洗劑의 分解는 緩慢히 進行되며, 5일동안 18~24%의 分解率을 보이고 있으며, 그 이후에는 큰 變化가 나타나고 있지 않은 반면, 曝氣時(Aeration) 合成洗劑의 分解는 自然放置時와 比較하여 매우 빠른 變化를 보여 5일동안에 84~89%로서 약 85%를 전후한 分解度를 보이고 있다.

이것은 1977년 權登¹⁹⁾이 合成洗劑가 軟性化되기 이전인 硬性洗劑(ABS)에 대한 分解度調査에서 5일 동안에 64.3% 정도의 分解率을 보인 것과 비교할 때, 약 20% 정도의 차이를 나타내고 있다.

또한 각 支川別 分解度는 安養市보다 中浪川과 炭川이 비교적 分野가 容易한 것으로 나타났는데, 이것은 安養市의 경우 炭川, 中浪川에 비하여 生活下水에 대한 工場廢水의 比率이 3~4배 이상으로 높고, 특히 業種別로 보아 合成洗劑를 많이 使用하는 섬유業 및 가죽 등 모피業이 28%를 차지하고 있는 것으로 보아 工業用 硬性洗劑의 使用으로 인한 影響이 아닌가 생각된다.¹⁰⁾

그리고 이러한 合成洗劑의 分解機作에

Table 2 Biodegradation of Synthetic Detergents

| Time (days) | Spontaneous Settling | | | Aeration | | |
|-------------|----------------------|--------------|------------|-----------|--------------|------------|
| | Tanchón | Chungranchón | Anyangchón | Tanchón | Chungranchón | Anyangchón |
| 0 | 2.48(100) | 1.45(100) | 2.87(100) | 2.48(100) | 1.45(100) | 2.87(100) |
| 1 | 1.81(73) | 1.03(71) | 2.30(80) | 2.33(94) | 1.35(93) | 2.76(96) |
| 2 | 1.34(54) | 0.71(49) | 1.58(55) | 2.23(90) | 1.28(88) | 2.64(92) |
| 3 | 0.52(21) | 0.29(20) | 0.77(27) | 2.11(85) | 1.25(86) | 2.55(89) |
| 4 | 0.42(17) | 0.22(15) | 0.55(19) | 1.98(80) | 1.17(81) | 2.44(82) |
| 5 | 0.37(15) | 0.16(11) | 0.46(16) | 1.88(76) | 1.12(77) | 2.35(82) |
| 10 | 0.12(5) | 0.06(4) | 0.26(9) | 1.79(72) | 1.06(74) | 2.27(79) |

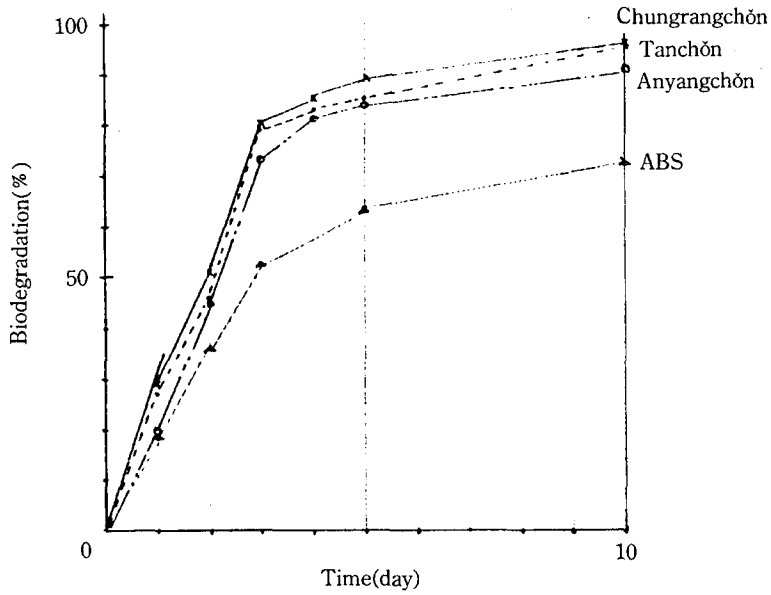


Fig. 3 Biodegradation of Synthetic Detergents(Aeration)

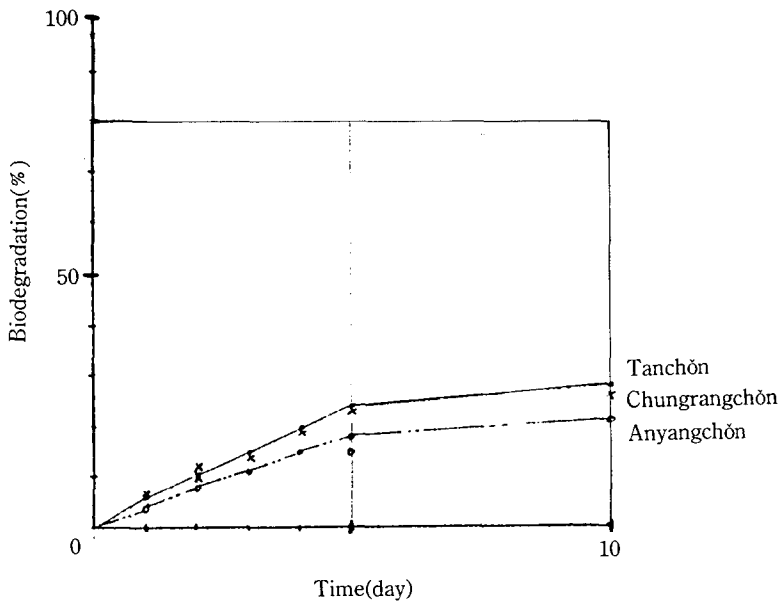


Fig. 4 Biodegradation of Synthetic Detergents(Spontaneous Settling)

대해서는曝氣時의 충분한酸素의供給에 의한酸化作用인지, 또는曝氣時의物理的攪拌에 의한分解作用인지는明確하게 밝힐 수는 없다. 그러나分解度調査에서 나타났듯이家庭下水水中에 포함된微生物에 의해合成洗劑가分解되는데¹⁷⁾, 이때暴氣에 의한 충분한酸素의供給은微生物의活性을增進시키고, R.D. Swisher 등의研究¹⁸⁾에 의해 밝혀졌듯이初期에는微生物의酵素作用에 의해合成洗劑의分解가促進된 후, 직쇄형의炭化水素는物理的攪拌에 의해 쉽게分離되어分解를促進시키는 것으로 볼 수 있다.

IV. 結 論

서울市内 主要 支川水中 合成洗劑를 對象으로 1980 年 洗劑가 軟性化된 以後 合成洗劑의 分解度를 調査해 본 結果는 다음과 같다.

1. 서울市内를 通過하는 主要 支川인 炭川, 中浪川, 安養市의 合成洗劑의 汚染度는 각각 2.48 mg/l, 1.45 mg/l, 2.87 mg/l 로서 상당히 深刻한 것으로 나타났으며, 이는 水中生物의 生長 및 거품發生의 限界濃度인 飲用水 水質基準值인 0.5 mg/l 를 상당히 超過하고 있다. 특히 일부 支川의 경우에는 거품이 많이 發生하여 美觀上의 問題가 지적된다.
2. 主要 支川水中의 合成洗劑의 分解度는 曝氣時 5 日 동안에 약 85%의 分解率을 나타냈으며, 自然放置時에는 약 21.

6%의 分解率을 나타냈듯이 自然放置時에 비해 曝氣時의 分解度가 훨씬 빠르게 나타났다.

3. 1980 年 이전 洗劑가 軟性化되기 이전과 比較하여 볼때, 軟性化 이후 약 20% 程度 分解가 促進되고 있는 것으로 나타났다. 그러나 分解度調査에서 보듯 自然放置時 分解가 緩慢히 進行되고 曝氣時의 경우에도 일부는 殘留함으로써 水系의 狀況에 따라서는 合成洗劑로 인한 汚染問題가 提起될 것으로 생각된다.

이상의 研究結果에서 살펴보았듯이 우리나라의 合成洗劑로 인한 水質汚染問題는 硬性洗劑(ABS)에서 軟性洗劑(LAS)로 代替되었다 하더라도 해마다 使用되는 洗濯量의 量的 增大와 함께, 우리나라 大都市 주변의 河川의 대부분이 合成洗劑가 水系에 放流되어 分解되기에 충분한 時間(5~10)이 되지 않음으로써 앞으로 合成洗劑로 인한 水質汚染問題는 深化될 것으로 豫想되므로 이에 대한 適切한 管理 및 對策이 要求되고 있다.

參 考 文 獻

1. 金聲連: 洗劑와 洗濯의 科學, 敎文社
2. 대한비누공업협동조합: 비누공업, 창간호, 1986
3. Fair et.al.: Water and Wastewater Engineering, Vol. 2, John Wiley and Sons, 1968
4. 韓國비누·洗劑工業協同組合: 비누·

- 洗劑, '90 봄호
5. J.N. Pitts and Metcalf : Advance in Environmental Science, Vol. 1, John Wiley and Sons, 1969
 6. G.M. Masters : Introduction to Environmental Science and Technology, John Wiley and Sons, 1974
 7. 三上美上外 : 洗劑의 毒性と 環境影響, 合同出版, 1986
 8. 環境廳 : 環境保全, 1982
 9. 週刊 建設環境, 1988년 2월 1일
 10. 柳明辰 : 수질개선, 공해대책, 1988년 10월호
 11. APHA, AWWA, WPCF : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater(16 th ed.), 1987
 12. 環境廳告示 제 83-9 호 : 環境汚染公定試驗法(水質分野), 1983
 13. R.D. Swisher : Surfactant Biodegradation(2nd ed.), Marcel Dekker Inc. 1987
 14. K.L. Mittal and E.J. Fendler : Solution · Behavior of Surfactants. Vol. 1, Plenum Press, 1982
 15. 권숙표 外 : 合成洗劑의 生分解에 관한 調査研究, 藥學會誌, 제 21 권 제 4 호, 1977
 16. 環境廳 : 폐수배출시설조사표, 1987
 17. 김전기 外 : LAS 분해세균의 생태학적 연구, 부산대 환경문제연구소보, 제 5 권, 1987