CLEAN TECHNOLOGY, SPRING 2004. 3(1) pp. 37 - 45

NF막에 의한 다양한 염료용액의 막분리 특성

양정목[*,**], 김탁현[*], 박철환[*], 김지형[**], 김상용[*]

*우) 330-825 충남 천안시 입장면 홍천리 한국생산기술연구원 산업환경국가지정연구실

**우) 136-701 서울시 성북구 안암동 고려대학교 토목환경공학과

(접수일자 : 2004. 2. 20/ 채택일자 : 2004. 3. 18)

Study on the Nanofiltration of Various Dye Solutions

Jeongmok Yan[*,**], Tak-Hyun Kim[*], Chulhwan Park[*], Jeehyeong Khim**, Sangyong Kim[*]

*Industrial Ecology National Research Laboratory, Korea Institute of Industrial Technology(KITECH), ChonAn 330-825, Korea

**Department of Civil & Environmental Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea

요 약

본 연구는 섬유산업에서 많이 사용되고 있는 주요염료인 분산성, 반응성, 산성염료를 대상으로 일반적인 수질오염항목인 COD, T-N, TOC, color, SS, TDS, conductivity 등을 분석하여 각각의 염료용액의 성상을 비교 분석하였고, NF막을 투과시켰을 경우 투과 flux와 배제율이 염료용액 종류에 따라서 어떻게 다른 양상을 나타내는지를 연구하였다. 결과적으로, 염료종류별 화학적 성질 및 구조적인 차이에 의하여 염료용액의 용해도 및 유기물부하 등이 달라짐을 알 수 있었고, 특히, 분산성 염료와 반응성염료는 이들 화학적 성질의 차이가 매우 현격하게 달라서 투과 flux 감소현상과 유기물, color, 부유물 및 용존 고형물, 이온성 물질 등의 배제율이 다른 양상을 보임을 알 수 있었다. 반응성염료 용액은 분산성염료 용액에 비하여 투과 flux는 높지만, TDS의 배제율이 낮은 반면, 분산성염료 용액은 부유성 고형물 농도가 높아 투과 flux가 낮고, 유기물질의 배제율이 낮은 특성을 나타냈다.

ABSTRACT : This study examined the separation characteristics of some of the most commonly used disperse, reactive and acid dyes by nanofiltration membrane. The chemical characteristics of three major dye solutions such as chemical oxygen demand, total nitrogen, total organic carbon, color, suspended solids, total dissolved solids, conductivity were investigated in this work. Experiments showed that the types of dye had a significant effect on both permeate flux and rejection efficiencies mainly due to the differences among their chemical structures and natures. Especially, the nanofiltration of reactive dye solutions showed higher permeate flux, lower total dissolved solid rejection efficiency and higher organics rejection efficiency than those of disperse dye solutions.

Keywords : disperse dye, reactive dye, acid dye, membrane, nanofiltration, flux, rejection

1. 서 론

여러 산업폐수 중에서 섬유 혹은 염료제조 산업에서 발생하는 염료폐수는 염료자체가 합성물질로 이루어져 있고, 복잡한 방향족 분자 구조를 가지고 있어 상당히 안정하며 분해하기 어려운 난분해성 물질이다[1]. 또한 염료는 섬유의 염색 과정에서 다량의 물의 사용하고, 50~100%만이 섬유에 고착되고 나머지는 폐수로 그대로 나와 오염물 부하와 color가 높고 수계에 미치는 영향이 매우 크다[2]. 또한 염료의 합성, 세척 등의 공정에서 발생하는 염료폐액의 경우 부유물질, 염(salt), 분산제, 미량 금속원소들이 염료폐액의 주된 오염물질이며 이러한 염료폐수는 높은 color와 COD(chemical oxygen demand) 그리고 많은 양의 SS(suspended solids)를 가지고 있어 심각한 환경문제를 유발할 수 있다. 공정상의 특징을 보면 염료제조공정은 적은 양의 다양한 염료를 생산하는 산업이기 때문에 다른 산업에 비해 폐수 발생량은 적은 편이지만 폐수 발생량과 성상의 변화가 매우 크기 때문에 처리하는데 있어서도 어려움이 많다[2].

또한, 사회가 발전함에 따른 수자원 부족과 환경적 규제가 엄격해지기 시작하면서 여러 산업에서 수자원에 대한 관심이 커져 경제적 이점을 고려한 유출수의 재사용 혹은 폐수내 원료물질의 재이용을 시도하려는 움직임이 증가하고 있는 추세이며[3] 분리막 기술은 청정생산공정과 엄격해지는 수질을 만족시킬 수 있는 아주 효과적인 기술이다.

분리막 공정은 2개의 연속상 사이에 있는 반투과성 막(semipermeable membrane)을 통해 농도차, 압력차, 전위차 등의 추진력을 이용하여 물질을 선택적으로 투과시키는 공정으로 그 적용범위가 넓고, 용매의 필요성이 적어 경제적이며, 상변화와 고온 처리 등이 수반되지 않아 환경처리와 많은 화학공업의 분리공정들을 대체할 수 있는 잠재력을 지니고 있다[4]. 이런 이점들로 인해 일부 염료폐수 처리에 사용되었던 전통적인 처리 방법들을 조금씩 분리막 공정으로 대체하고 있고, 염료공장에서 배출되는 폐수의 경우 분리막 처리 공정시 color 제거와 물의 재이용, salt의 효과적인 제거 가능성이 높아 분리막 공정의 적용성이 커지고 있다[5].

현재 사용하고 있는 분리막의 소재로는 cellulose, cellulose acetate, polyacylonitrile, polyether, polyamide, polyester 등의 개발이 이루어져 왔다[4]. Jiraratananon 등은 반응성염료와 salt가 용액내에 함께 존재할 때 막의 종류에 따른 NF(nanofiltration) 막분리 특성을 연구하였으며[6], Bruggen 등은 섬유가공 중 반응성염료폐액의 NF 막분리 특성을 조사하여 투과수량(flux)의 감소현상은 폐액내 이온성물질의 농도와 관련성이 크나, 염료의 배제효율(rejection rate)은 염료농도 혹은 염료폐액중 이온성물질의 영향을 크게 받지 않는다고 하였다[7]. 막분리 단독 공정뿐만 아니라, 여타 공정과의 결합공정에 대한 연구도 활발하게 수행되고 있다. 분산성염료폐액의 처리를 위하여 NF 막분리 기술과 촉매습식산화기술을 결합한 공정을 제안하기도 하였고[8], 혹은 NF나 RO(reverse osmosis) 막분리의 전처리공정으로서 UF 막분리공정을 결합한 다중 막분리 공정에 의한 염료염색폐수의 재이용 공정을 채택하기도 하였다[9]. 특히, 분리막을 이용한 염료폐수 처리공정은 기존의 펜톤산화 처리 공정에 비해 간단하고 처리효율이 높을 뿐만 아니라 부산물이 발생하지 않는 장점이 있다.

본 연구는 섬유가공에서 발생하는 염료 및 염색폐수를 공정내 재이용과 무방류 관리 시스템을 개발하기 위한 방안으로써 다양한 염료용액의 화학적 특성을 파악하고, 비교적 안정적이고 에너지 소비와 용매의 필요성이 비교적 적은 분리막에 의한 처리특성을 조사하였다. 특히, 이들을 NF 막에 의해 분리하였을 때의 염료종류에 따른 분리 특성을 관찰하고자 하였다. NF막은 상당히 작은 유기분자들뿐만 아니라 이온성 물질까지도 분리할 수 있고, RO막의 구조(network structure)와 같으면서 RO막에 비해 운전압력이 낮으면서 UF(ultrafiltration)막에 비해 분획분자량이 작은 장점이 있다. 또한 pH 전범위에 안정한 분리막도 개발되어 있어 염료합성공장폐수 및 염색폐수에 적용가능하다. 또한 NF막은 Na^+, Cl^-와 같은 1가 이온의 제거효율은 떨어지지만 Ca^{2+}, Mg^{2+}와 같은 2가의 이온들의 제거 효율은 매우 높다[10]. 따라서 본 연구에서는 NF막에 의한 분산성, 반응성, 산성염료 용액의 오염물 제거 특성을 알아보았고, 각각의 염료용액별 투과 flux 및 배제율을 비교 분석하였다.

2. 실험방법

2.1 실험장치

실험에 사용된 cell membrane tester의 장치사진 및 개략적인 구성도를 Fig. 1.에 나타내었다. 처리 흐름은 최초 염료용액이 담긴 feed tank에서 펌프에 의해 일정 압력과 유속으로 막모듈에 염료용액을 공급하면 선택성을 가진 평판막(plate type membrane)에 의해 투과수와 배제수(농축수)가 분리되고 배제수는 다시 feed tank로 순환하도록 되어 있다.

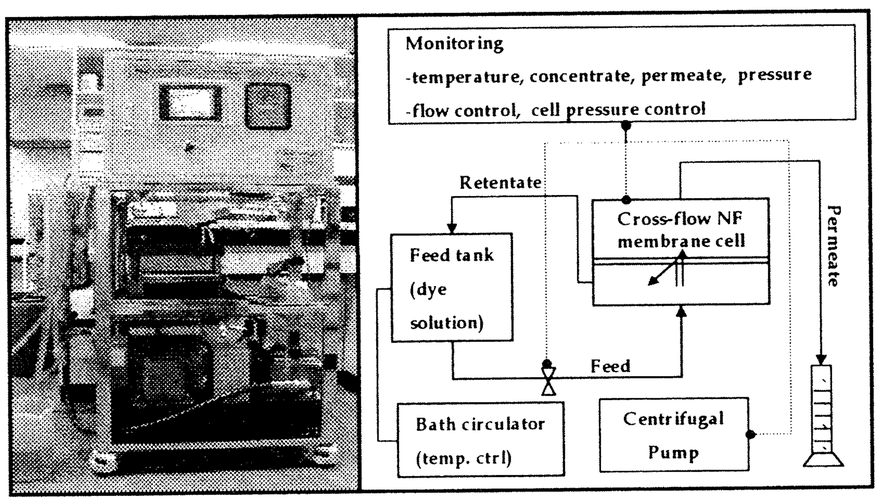


Fig. 1. Schematic diagram of nanofiltration test.

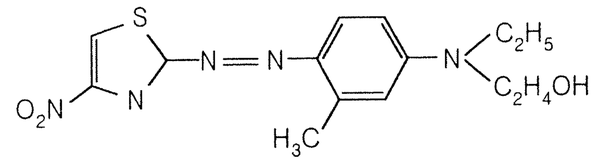
2.2 실험방법

실험을 하기에 앞서 친수성을 높이기 위해 NF막을 증류수에 30분정도 담가둔 후 실험하였다. 운전시 조건은 온도 20±0.2 ℃, 압력은 20±2 kgf/㎠, 시료의 용량은 4 L로 하였다. 시료의 채취는 운전시작 후 40분을 안정화시킨 후부터 30분 간격으로 5시간 동안 채취하였다.

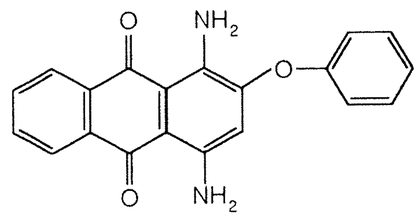
2.3 실험재료

본 연구에 사용된 염료용액은 염색공장에서 일반적으로 많이 사용하는 분산성, 반응성, 산성염료를 선정하여 염료분말 시료를 얻은 후 직접 용액을 만들어 사용하였고, 각각의 C.I.(Color Index) number는 Disperse Blue 106, Disperse Yellow 54, Reactive Blue 49, Reactive Yellow 84, Acid Blue 350, Acid Yellow 59이다. 이들 염료의 화학구조는 Fig. 2에 나타내었다.

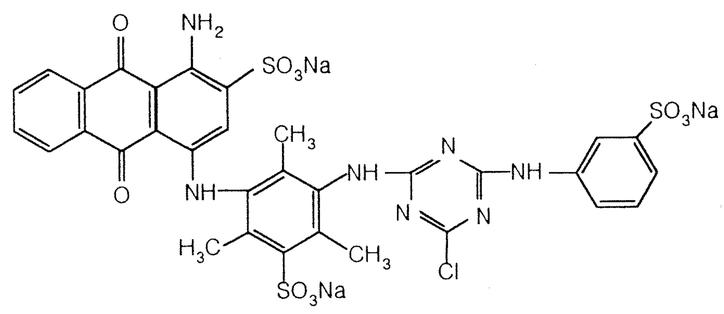
NF 분리막 모듈로는 평판막을 사용하였고, 막의 형상은 비대칭성 구조의 합성고분자 소재를 사용한 복합막으로 지지층 재질은 polysulfone계로 만들어진 소수성 막이다. 이 막의 일반적 특성은 최대온도 50 ℃, 운전압력은 5~42 kgf/㎠, pH 2~11 범위에서 운전 가능한 NF막을 사용하였다.



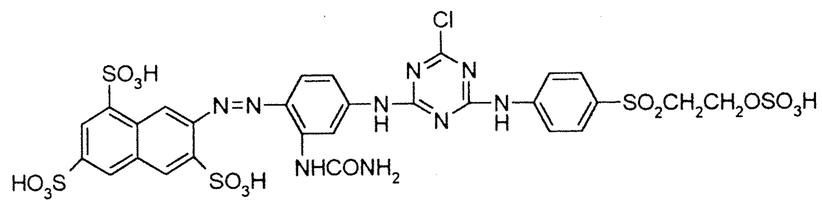
Disperse Blue 106



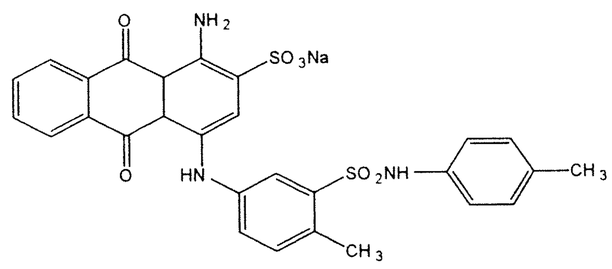
Disperse Yellow 54



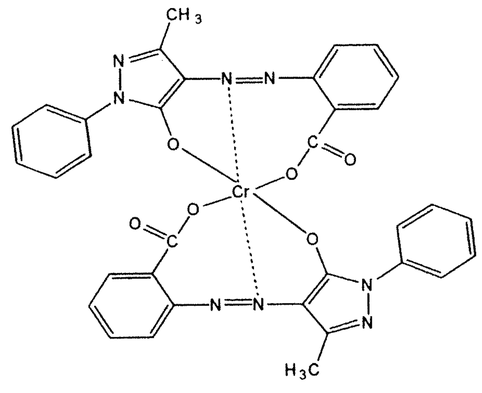
Reactive Blue 49



Reactive Yellow 145



Acid Blue 350



Acid Yellow 59

Fig. 2. C.I. Numbers and chemical structures of some dyes.

2.4 분석방법

분리막 공정의 처리성능은 처리수량과 처리수질로서 평가될 수 있다. 본 연구에서는 NF공정에 의한 처리효과를 평가하는 지표로서 투과 flux와 COD, TOC(total organic carbon), color, T-N(total nitrogen), TDS(total dissolved solid) 등을 선정하여 투과 전후의 수질을 측정하였다. 실험에 사용된 분석기기로는 UV spectrophotometer(DR4010, HACH, USA), Conductivity meter(CO150, HACH, USA), TOC Analyzer(Multi N/C 3000, Analytikjena, Germany), Salt analyzer(SAT-210, TKK · TOA, Japan), pH meter(Orion, USA)등을 사용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 염료의 물성 특성 비교

3.1.1 염료의 화학 구조상 특징

분산성 염료는 현재 모든 염료 중에서 가장 많은 생산량을 나타내고 있는 염료로서, 기본적으로 다른 염료에 비해 분자량이 작고, 방향족 또는 지방족의 아민기($-NH_2$), 수산기(-OH)를 갖지만 본질적으로는 비이온성이다. 염색 중에 화학변화가 일어나지 않으며, 염색조건하에서의 물에 대한 용해도가 상대적으로 작아 물에 불용성이고, 입자의 크기는 보통 0.5~2.0 ㎛이다. 반응성 염료는 염료분자 중에 수산기 또는 아민기와 반응할 수 있는 활성기를 갖고 있으며, 섬유 중의 수산기 또는 아민기와 반응하여 공유결합에 의해 염착되는 염료로 결합에너지가 강하고 화학구조가 안정하며, 음이온성으로 물에 용해된 상태로 존재한다. 산성염료 또한 반응성 염료와 같이 음이온성으로 대부분 물에 용해된 상태로 존재하지만 금속착염산성염료의 경우 가용성인 술폰산기($-SO_3^-$-)의 유무에 따라 수용성이 높거나 낮을 수 있다[1),11)].

Table 1에서는 분산성, 반응성, 산성염료 용액 각각 1,000 mg/L 일때의 pH, SS, TDS 값을 보여주고 있다. 실험결과 분산성염료 용액의 SS값은 D.B.106는 25 mg/L, D.Y.54는 88 mg/L로 나타나 불용성의 부유상태이나, 반응성 염료의 경우는 SS값은 낮은 반면 TDS가 R.B.49는 428 mg/L, R.Y.84는 419 mg/L로 상대적으로 높아 대부분 용해된 상태로 존재함을 확인할 수 있었고, 산성염료의 경우 A.Y.59의 SS가 130 mg/L로 가장 높게 나타났다. A.Y.59의 염료는 1:2형의 금속착염염료로 염료 2분자가 금속1원자(Cr)에 결합한 구조로 가용성기인 술폰산기를 가지고 있지 않아 수용성이 낮고, 상대적으로 분자량이 크기 때문이라고 사료된다[11)].

Table 1. Characteristics of some dye solutions

Type	Ionic characteristic	C.I. Number	pH	SS* (mg/L)	TDS* (mg/L)
Disperse dye	Nonionic	D.B.106	7.6	25	151
		D.Y.54	6.6	88	95
Reactive dye	Anionic	R.B.49	6.4	3	428
		R.Y.84	6.3	5	419
Acid dye	Anionic	A.B.350	3.2	37	158
		A.Y.59	5.3	130	113

*SS and TDS data at 1000mg/L dye solutions

3.1.2 흡광도

염료 용액 속에 존재하는 색도물질은 각각의 고유한 파장(λ)을 지니고 있고, UV spectrophotometer를 통해서 그 물질을 대표하는 λ_{max}값을 찾을 수 있다. 본 실험에서 염료별 λ_{max}값은 각각 D.B.106 564nm, D.Y.54 407nm, R.B.49 587nm, R.Y.84 410nm, A.B.350 622nm, A.Y.59 436nm로 나타났고 이 파장대에서 색도물질이 흡수하는 빛의 양 즉, 흡광도를 측정함으로써 Y=aX의 비례선형 관계식을 얻을 수 있었다(Fig. 3). 여기서 Y는 염료의 농도, X는 흡광도를 나타낸다. 이를 통해 농도에 따른 흡광도 값을 구할 수 있고 이 값을 통해 상대적인 color값을 측정하는데 이용하였다. 대체로 blue dye보다는 yellow dye가 흡광도값이 높았고, SS값이 높을수록 흡광도의 값도 높게 나타났다.

3.1.3 TCOD와 SCOD

염료용액 속에 SS(suspended solids)가 COD에 미치는 영향을 알아보기 위해 아무런 전처리를 하지 않은 TCOD(total COD)와 10000 rpm으로 10분간 원심분리를 한 SCOD(soluble COD)를 측정한 결과를

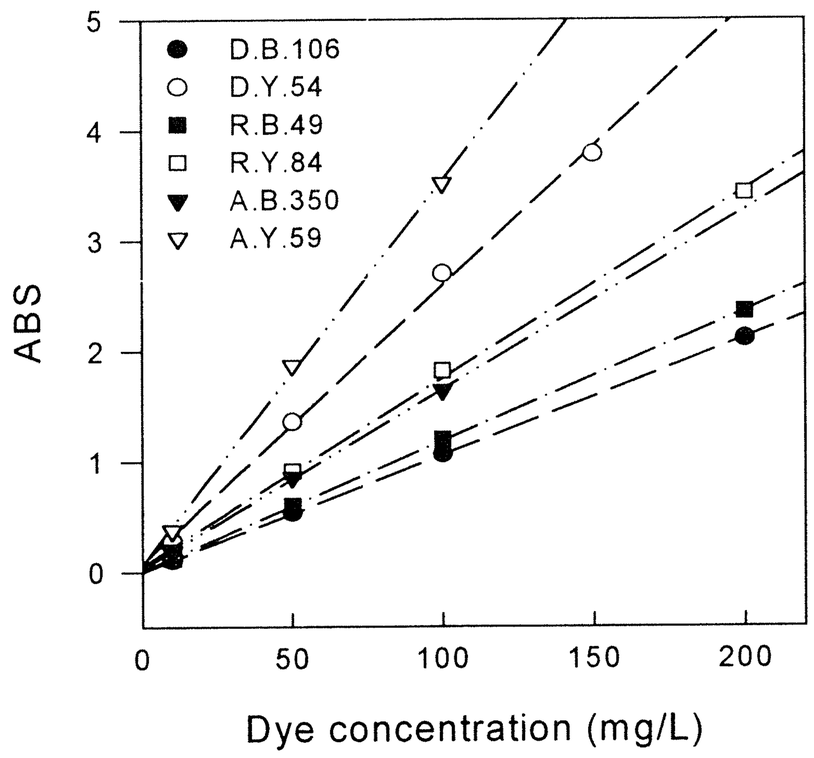
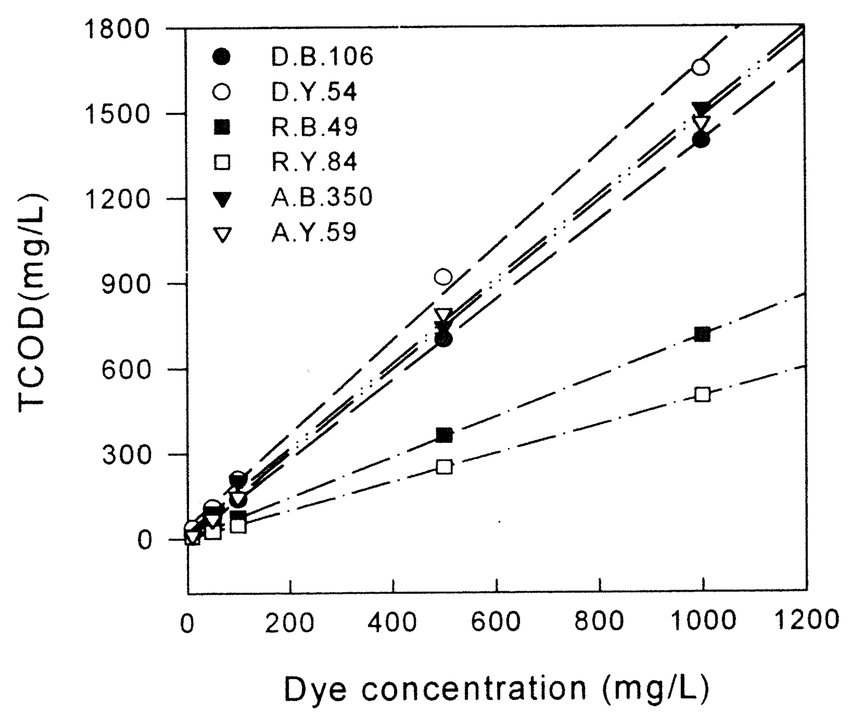


Fig. 3. UV spectrophotometric absorbance according to dye types and concentrations.



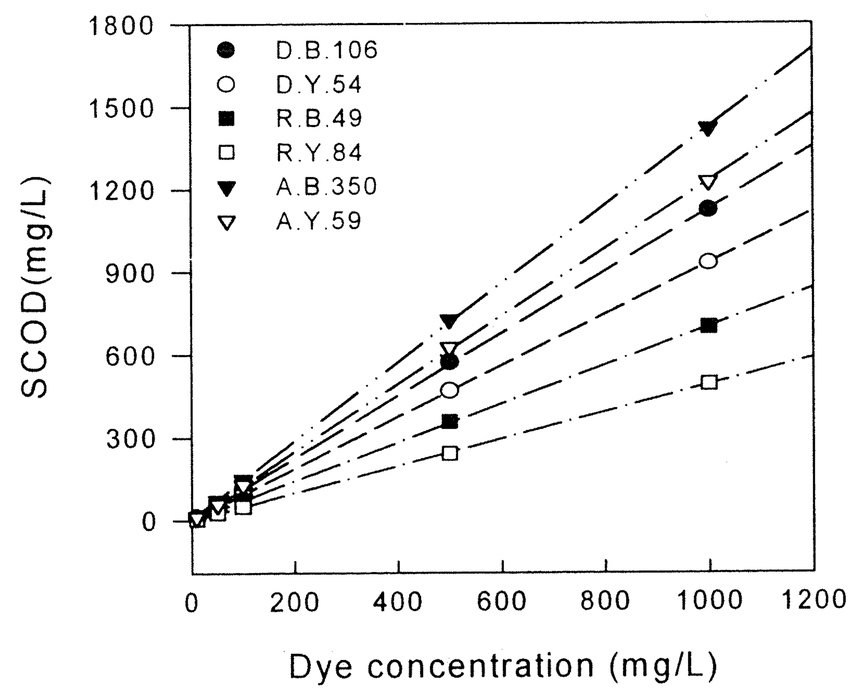


Fig. 4. TCOD and SCOD according to dye types and concentrations.

Fig. 4에 나타내었다. 반응성 염료의 경우 TCOD와 SCOD의 차이가 2%이하로 거의 차이가 없었지만 분산성염료인 D.B.106, D.Y.54의 경우 각각 19.6%, 43.6%의 차이를 보였고, 산성염료인 A.B.350, A.Y.59는 6.0%, 16.1%의 차이를 보였다. 즉, 분산성염료의 경우 SS가 COD에 미치는 영향이 다른 염료에 비해 크다는 것을 알 수 있었고, 특히 D.Y.54의 경우 COD중 45%정도가 물에 용해되지 않고 부유상태의 입자 형태로 존재함을 알 수 있었다.

3.1.4 TOC

TOC(총유기탄소)는 폐수에 존재하는 유기물질의 양을 측정하는 지표로 사용되고, 이는 폐수내의 유기물질에 의한 오염정도를 간접적으로 판단할 수 있다. Fig. 5는 농도 및 염료 종류에 따른 TOC값을 나타낸 것으로 염료의 농도가 각각 1000 mg/L일때 TOC값은 각각 D.B.106 236 mg/L, D.Y.54 301 mg/L, R.B.49 116 mg/L, R.Y.84 81 mg/L, A.B.350 251 mg/L, A.Y.59 250 mg/L로 나타났다. 즉, 반응성염료와 산성염료의 유기물 오염부하가 분산성염료에 비하여 상대적으로 높음을 알 수 있었다.

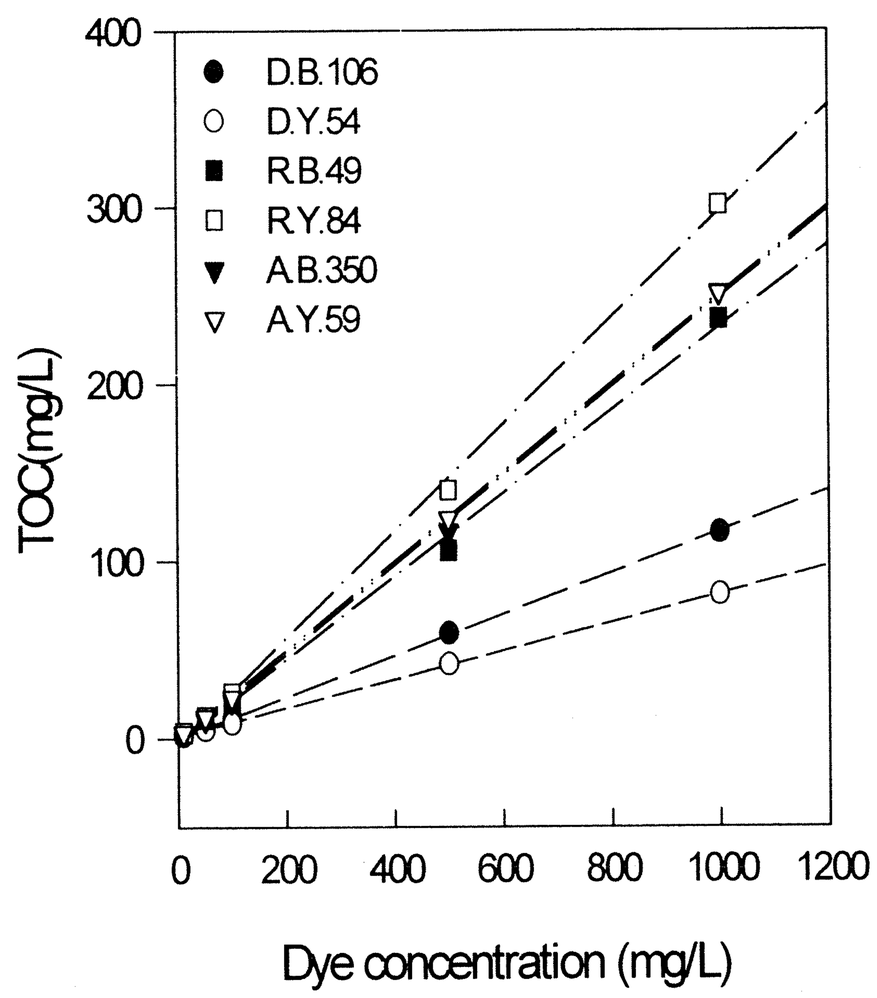


Fig. 5. TOC according to dye types and concentrations.

3.1.5 SS와 TDS

수질오염에서 입자상물질의 크기분포는 분리공정에서 중요한 요소 중에 하나이다. 일반적으로 SS는 GF/C(0.45㎛) 여과지로 여과했을 때 여과지에 남아있는 입자상물질을 일컫는 것으로서, 이는 대체로 물에 용해되지 않는 소수성 물질인 경우가 많다. TDS는 수용액속에 녹아있는 물질의 총량으로 일반적으로 GF/C 여과지로 여과했을 때 통과하는 물질로 대체로 친수성이라고 할 수 있다. Fig. 6의 결과로부터 반응성 염료용액은 SS는 낮고 TDS 값은 매우 높아서 거의 대부분은 용해된 상태로 존재하였고, 염료 1000 mg/L에 대하여 D.B.106와 D.Y.54의 경우 TDS 값이 각각 22 mg/L, 88 mg/L, A.B.350와 A.Y59의 경우 37 mg/L, 130 mg/L로 특히 분산성과 산성염료의 Yellow dyes가 상당부분 불용성 상태로 존재함을 알 수 있었다.

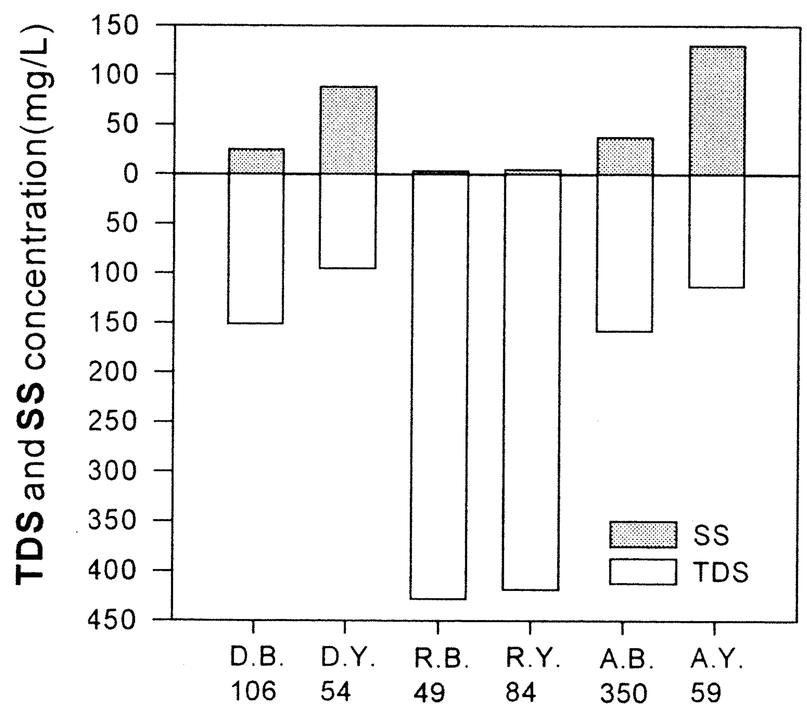


Fig. 6. Distributions of TDS and SS of dye solutions according to dye types.

3.1.6 Conductivity

TDS는 다양한 이온의 농도를 표현하는 간접적인 측정값으로 사용되며, 용액에 용해되어있는 유기물이나 무기물을 측정하는데 어려움이 있는 경우 conductivity로 추측하게 된다. 특히, conductivity는 염료용액속에 용해되어 있는 NaCl 등의 salt 농도를 표현하는 간접적인 지표가 된다. 본 실험에서는 TDS 값과 비례하는 실험결과를 얻을 수 있었고(Fig. 7), 염료 1000 mg/L에 대하여 염료별로 D.B.106 319 μS/cm, D.Y.54 204 μS/cm, R.B.49 888 μS/cm, R.Y.84 883 μS/cm, A.B.350 355 μS/cm, A.Y.59 241 μS/cm로 나타났다.

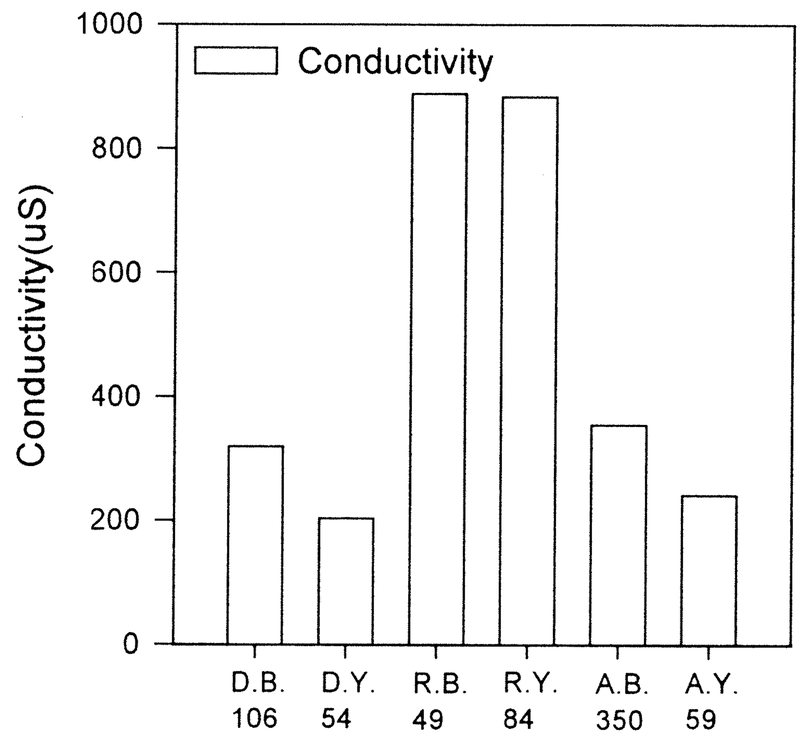


Fig. 7. Conductivities of dye solutions according to dye types.

3.1.7 총질소

총질소(T-N)는 수계에 방류시 부영양화를 일으킬 수 있는 성분으로서 중요성이 부각되어 본 연구에서도 염료종류에 따른 총질소 농도를 조사하였다. 아래의 Fig. 8의 결과로부터 염료 1,000 mg/L시 포함되

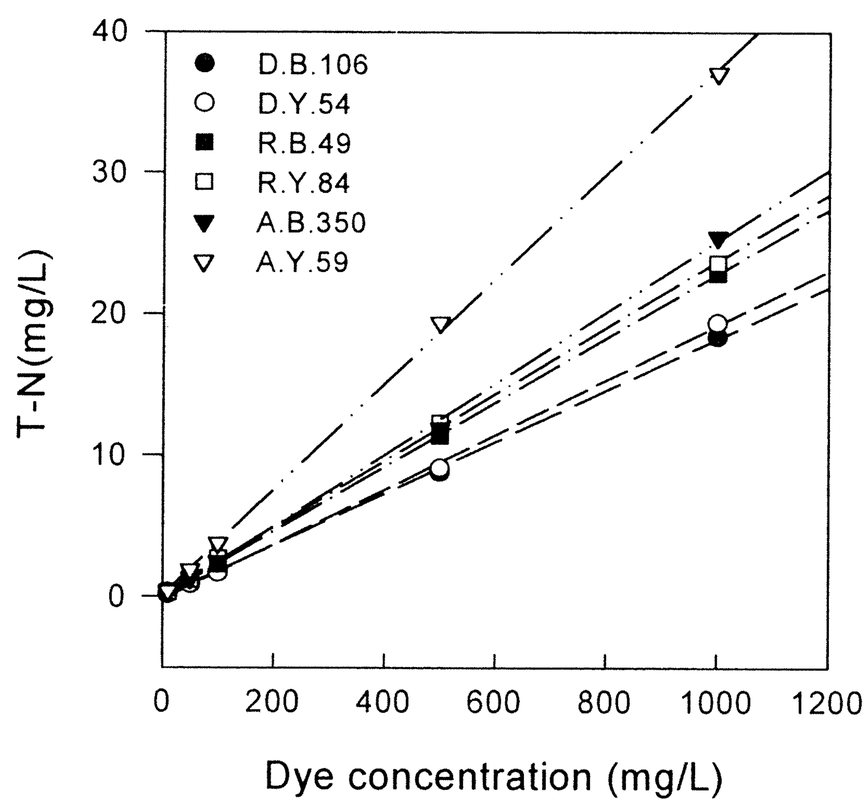


Fig. 8. Total nitrogen of dye solutions according to dye types.

는 질소의 양으로서, 이는 염료 화학구조에서 주로 아민기(NH_2-)와 아조기(N=N)의 함량과 관련이 있다.

아래의 결과로부터 산성염료, 반응성염료, 분산성염료의 순서로 많게 나타났으나, COD 및 TOC의 결과와 비교하였을 때 탄소의 함량에 비하여 총질소의 함량이 상대적으로 적음을 알 수 있었다.

3.2 NF 막분리에 의한 염료용액 특성

3.2.1 순수 및 염료용액의 투과 flux

Fig. 8은 NF막에서의 시간과 압력에 따른 순수의 투과 flux를 나타낸 것으로 압력이 적을수록 순수 flux의 변동폭이 적었다. 전체적인 안정화 시간으로는 약 2시간가량이 소요되었고, 압력에 비례하여 flux의 양이 증가하는 것을 알 수 있었다.

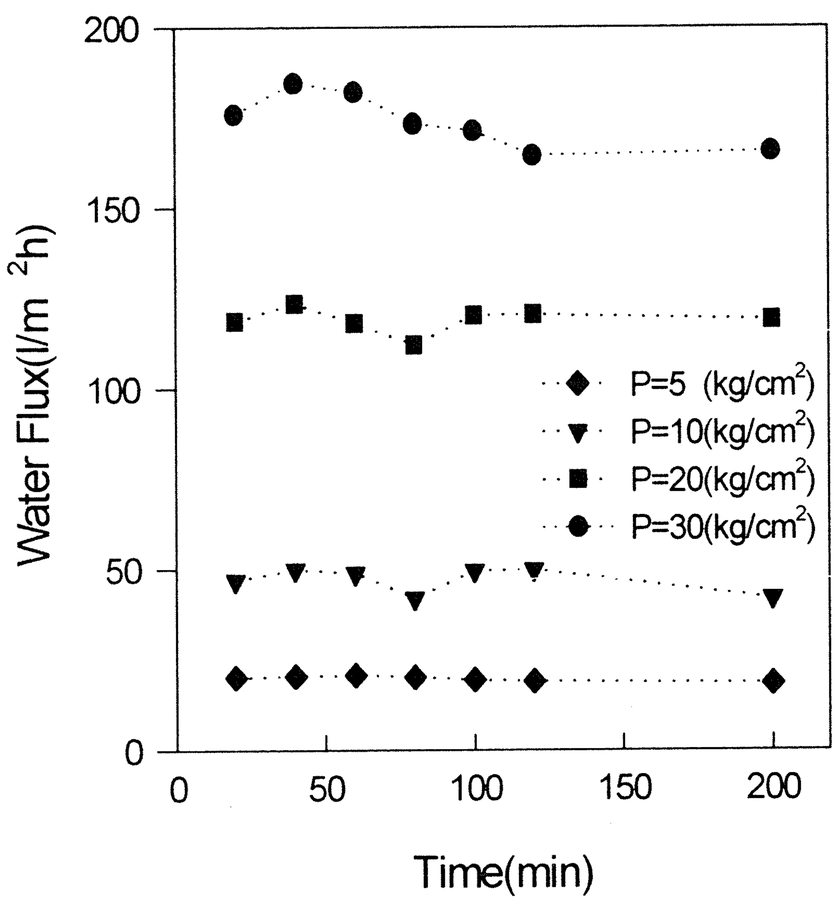


Fig. 9. Water permeate flux according to applied pressure.

Fig. 10은 6가지 염료용액에 대해 압력을 20 kgf/㎠로 고정시킨 후 염료용액의 투과 flux의 변화를 관찰한 것이다. 전체적으로 시간이 지남에 따라 flux의 양이 감소하는 경향을 보이고 있고, 반응성 염료용액의 경우 염료의 농도와 SS의 함유량이 높지 않아 초기의 flux는 높지만 시간에 지남에 따라 용존상태의 유기물질(TDS)이 막의 표면에 흡착되면서 투과수량이 다른 것들에 비해 현저히 감소하는 것을 볼 수 있었다. 산성염료 용액의 경우 색상에 따른 flux의 차이가 많이 났는데 이는 SS의 함유량이 flux에 미치는 영향이 크기 때문으로 판단된다. 전체적으로 SS의 함량이 많은 염료일수록 flux가 감소하였고, 시간에 따른 flux의 감소 폭은 TDS가 높을수록 크게 감소하는 경향을 볼 수 있었다. 일반적으로, 막분리가 진행됨에 따라 막표면에서의 농도분극(concentration polarization) 현상 때문에 막표면에서의 염료농도가 증가하게 되며, 이에 따라 막-용액 계면사이의 삼투압이 증가하게 되어 유효 전달력이 감소하게 됨에 따라 투과 flux가 감소하게 된다[12].

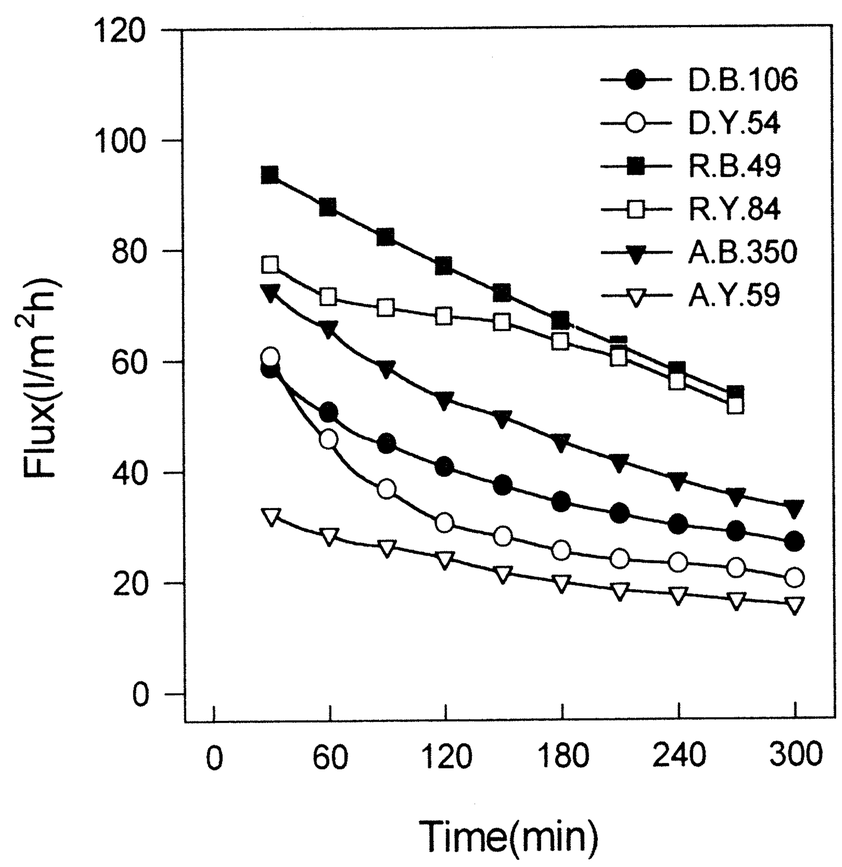


Fig. 10. Dye solution flux according to dye types.

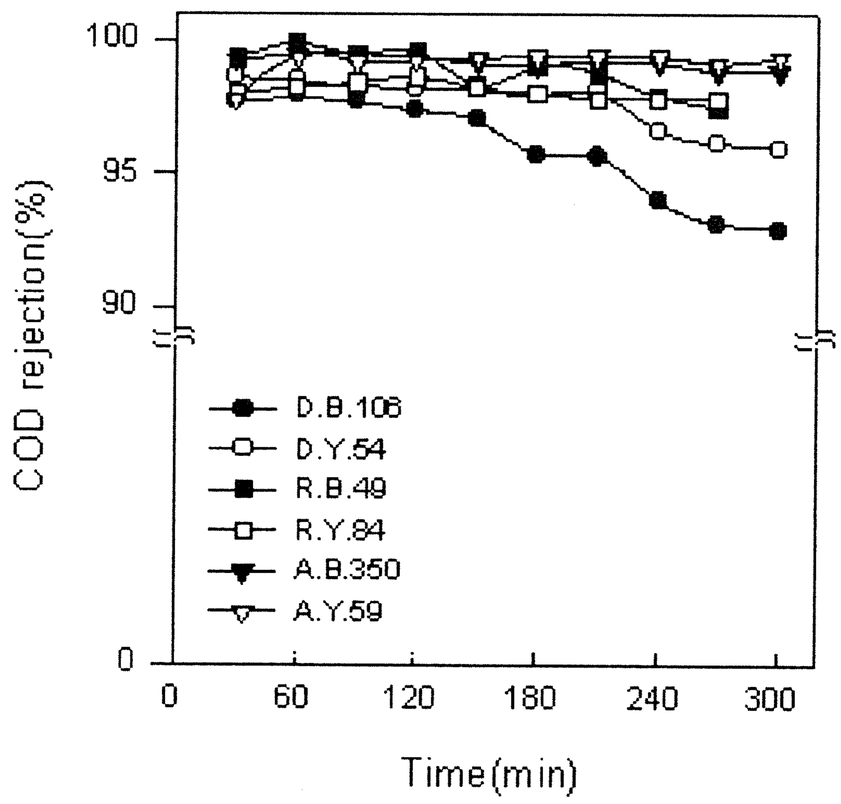
3.2.2 염료용액의 NF막에 의한 분리특성

Fig. 11은 분산성, 반응성 및 산성의 세 가지 염료 종류별 총 6종의 염료용액의 NF 분리막에 의한 여과시 COD, color, TDS 및 TOC의 배제효율을 나타낸 것이다. 이때 SS는 염료종류에 상관없이 완전히 제거가 가능하였으며, T-N은 분석기기의 검출한계 이하로 검출되는 결과를 얻었다. 먼저, Fig. 11(a)의 COD 배제율은 분산성, 반응성 및 산성 염료 용액 모두 초기에 98%이상의 배제율을 보인 반면, 분산성 염료용액은 시간이 지남에 따라 배제효율이 조금씩 감소하여 D.B. 106 93%, D.Y. 54가 96%까지 감소하였다. NF에 의한 투과수의 COD의 제거효율은 성분의 입자크기, 화학적 성질 및 용해도에 따라 달라지는 것으로

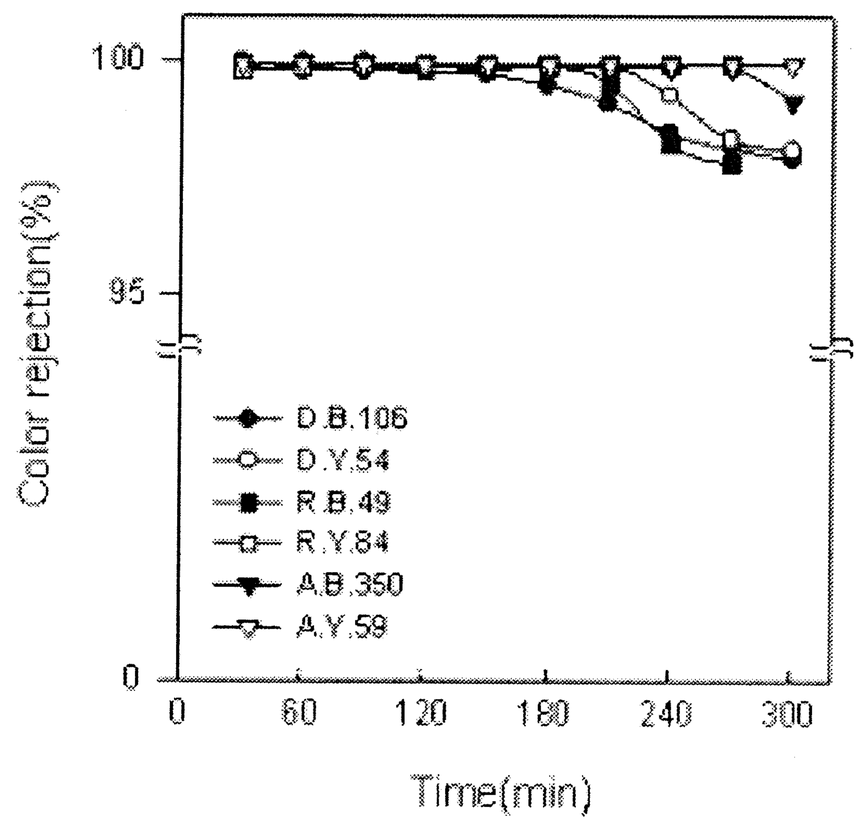
알려져 있는데, 특히 SS의 함량 즉, 부유상태 입자의 함량이 상대적으로 높았던 분산성 염료 용액의 경우가 다른 염료용액에 비해 배제율이 다소 낮았다. 투과 flux의 양이 감소하고, 농축액의 농도가 높아지면서 막분리 효율이 점점 떨어지기 때문이라 판단된다.

Fig. 11(b)는 NF막분리시 color 배제율을 보여주고 있다. 이는 흡광도에 의한 color 값을 나타낸 것으로 COD 배제율과 비슷한 경향성을 보이고 있으며 전체적으로 대부분의 color 배제율이 초기에는 100%로서 매우 높게 나타나다가 4시간 경과부터 농축액의 염료농도가 증가함에 따라 배제효율이 다소 감소하여 97~99%에 이름을 알 수 있었다.

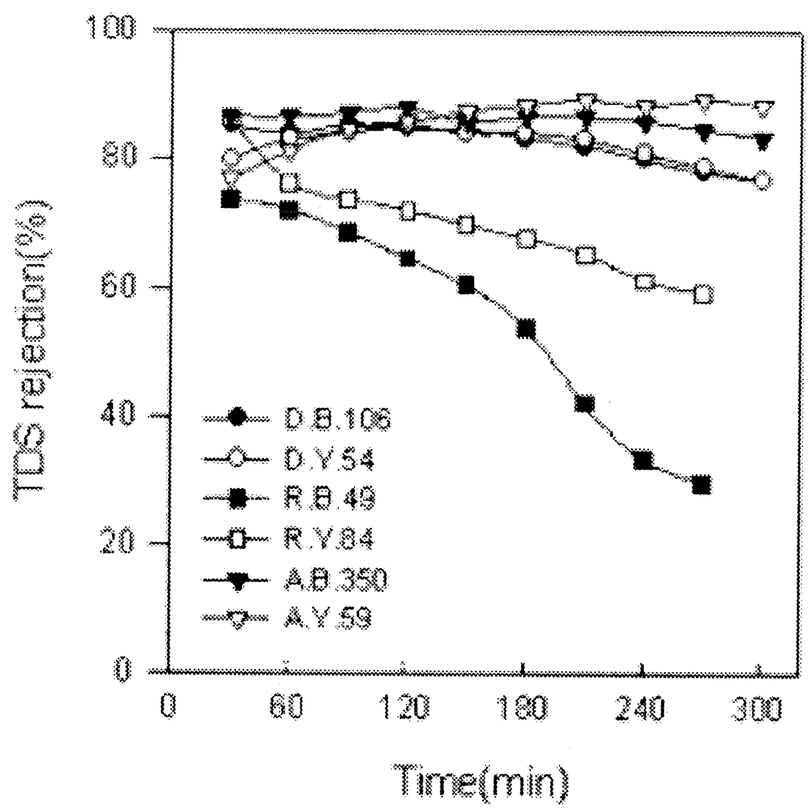
Fig. 11(c)의 결과로부터 반응성염료 용액이 분산성 및 산성염료 용액에 비해 분리효율이 상대적으로 떨어짐을 알 수 있다. 이는 Fig. 6에서 알 수 있듯이, 반응성 염료용액의 경우 다른 염료에 비해 TDS의 함량이 2.5~5배 정도 높아 이온성 저분자 물질이 상대적으로 다른 염료에 비해 많았기 때문에 반응성 염료용액이 다른 염료용액에 비해 TDS의 배제효율이 떨어진 것으로 사료된다. 일반적으로 NF 막의 경우 저분자의 이온성 고형



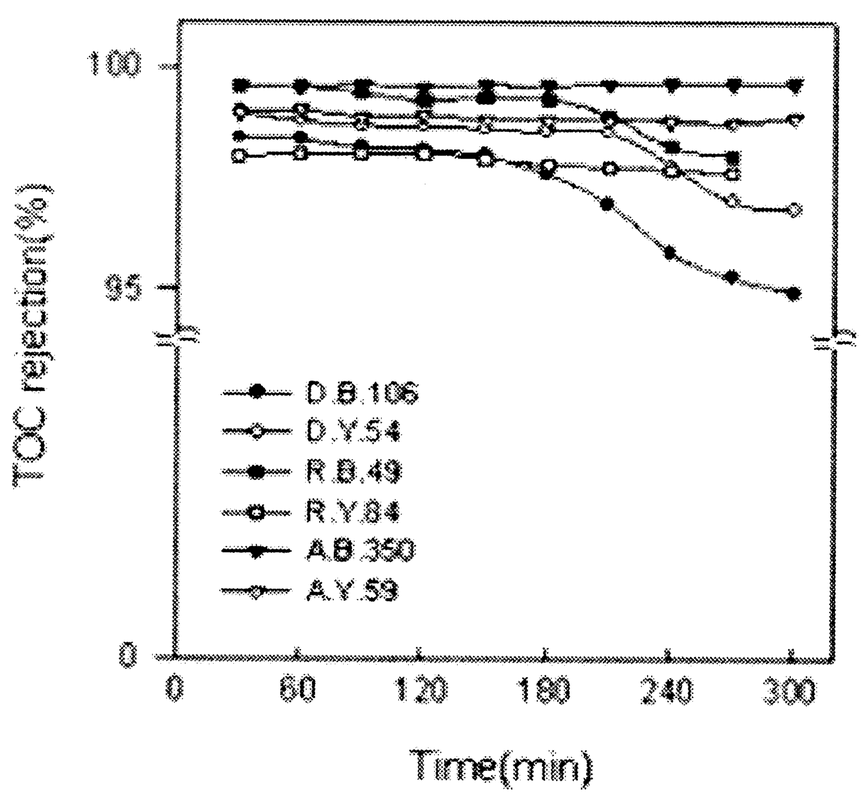
(a) COD rejection



(b) Color rejection



(c) TDS rejection



(d) TOC rejection

Fig. 11. COD, color, TDS and TOC rejection efficiencies of dye solutions according to dye types.

물(TDS)을 완전히 제거할 수 없는 것으로 알려져 있다. 특히, 부유성 고형물(SS) 함량이 많을 경우 flux의 효율을 저하시키고, 막의 fouling이 빨리 일어났다.

염료용액내 유기물질의 NF막에 의한 배제효율을 좀 더 정확하게 평가하기 위한 방법으로서 총유기탄소(TOC)량을 측정하여 이때의 배제효율을 Fig. 11(d)에 나타내었다. TOC 배제효율 곡선은 COD의 배제율 변화양상이 유사하였으며, 특히 분산성 염료용액의 경우 COD 배제효율 곡선에서와 유사하게 4시간 이후부터 배제효율이 좀 더 큰 폭으로 감소하는 경향을 보였다.

4. 결 론

다른 산업에 비해 폐수 발생량은 적은 편이지만 발생량과 성상의 변화가 매우 크기 때문에 처리하는데 있어서도 어려움이 많은 염료폐수의 처리 및 처리수의 재이용을 위한 방법으로서, 분리막 기술의 적용에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 본 연구에서는 주요 염료종류에 따른 NF 막분리 특성을 조사하고자 하였다. 가장 널리 사용되고 있는 염료 세 종류, 즉 분산성, 반응성 및 산성염료 용액의 화학적 성질을 조사하였고, 이들이 NF 막분리 어떠한 영향을 미치며, 어떤 경향을 보이는지에 관하여 연구하였다. 그 결과, 각각의 화학적 성질 즉, 화학구조, 작용기의 종류 등에 따라 유기물 부하, color, 부유성 고형물(SS)과 용존성 고형물(TDS)의 비율, 이온성물질의 함량 등에 영향을 미치며, 이들에 따라 NF막에 의한 분리특성이 달라짐을 알 수 있었다. 특히, 분산성 염료용액과 반응성 염료용액은 각각 부유성 물질과 용존성 혹은 이온성 물질의 함량이 많아 서로 다른 막분리 특성을 나타내었다. 반응성염료 용액은 부유성 고형물이 적고 대부분 용존성 고형물 농도가 높아 투과 flux는 높은 반면, 용존성 고형물의 배제율이 불량하였으며, 분산성염료 용액은 부유성 고형물 농도가 높아 투과 flux가 반응성 염료용액에 비하여 낮으며, 유기물의 배제율도 낮게 나타났다.

사사

본 연구는 과학기술부에서 지원한 국가지정연구실 사업의 결과이며, 이의 재정적 지원에 감사드립니다.

인용문헌

[1] Fu, Y. and Viraraghavan, T., : Bioresource Technology 79, 251-262(2001).

[2] Al-Degs, Y., Dhraishen, M.A.M., Allen, S.J. and Ahmad, M.N. : Water Research 34(3), 927-935(2000).

[3] Koyuncu, I. : Desalination 143, 243-253(2002).

[4] Joel, M., Pter, E.O. and Mark, R.W. : Water Treatment Membrane process, McGraw-Hill, New York (1996)

[5] Majewska-Nowak, K., Kabsch-Korbutowicz, M. and Winnicki, T. : Desalination 108, 221-229(1996).

[6] Jiraratananon, R., Sungpet, A. and Luangsowan, P. : Desalination 130, 177-183(2000).

[7] Bruggen, B.V., Daems, B., Wilms, D. and Vandecasteele, C. : Seperation and Purification Technology 22-23, 519-528(2001).

[8] Dhale, A.D. and Mahajani, V.V. : Waste Management 20, 85-92(2000).

[9] Marcucci, M., Nosenzo, G., Capannelli, G., Ciabatti, I., Corrieri, D. and Ciardelli, G. : Desalination 138, 75-82(2001).

[10] WORLD BANK GROUP, Pollution Prevention and Abatement Handbook (1998).

[11] 남성우, 서보영, 이대수 : 염료화학, 보성문화사 (2000).

[12] Chakraborty, S., Purkait, M.K., Dasgupta, S. and Basu, J.K. : Separation and Purification Technology 31, 141-151(2003).