

## Acridine Orange와 Aerosol OT 사이의 상호작용에 관한 염효과의 연구

송기동·김성현\*

조선대학교 자연과학대학 화학과, \*국립공업기술원 종합물성과  
(1995년 8월 31일 접수, 1996년 1월 12일 채택)

### Salt Effect on Interaction between Acridine Orange and Aerosol OT

Ki-Dong Song and Sung-Hyun Kim\*

Dept. of Chem., College of Natural science, Chosun Univ., Kwangju 501-759, Korea  
\*Material Physics Division, Nat'l Industrial Technology Institute, Kwachon 427-010, Korea  
(Received August 31, 1995, Accepted January 12, 1996)

**요약:** AO-AOT계내에서 S/D의 증가에 따라 흡수 및 형광 spectra의 변화 양상이 감소하다가 증가함을 알 수 있으며 회합 및 해리가 일어남을 알 수 있다. 그리고 온도 상승에 따라 순수한 AO계에서는 흡광도가 증가하나 pre-micellar 영역(S/D=10, 20, 50 및 80)내에서는 흡광도가 오히려 점차 감소한다. 한편 AO-AOT계에 첨가한 염의 농도가 증가함에 따라 metachromasy 소멸도는 증가하나 NaNO<sub>3</sub>의 경우는 이와 반대로 나타난다. 이러한 염의 양이온에 대한 metachromasy 소멸도의 증가 순서는 Li<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > Ca<sup>2+</sup>이며, 염의 음이온에 대해서는 Cl<sup>-</sup> > SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> > NO<sub>3</sub><sup>-</sup>로 나타남을 알 수 있었다.

**Abstract:** The changing shape of absorption and fluorescence spectra with increasing S/D in AO-AOT system decreases and then increases again. The aggregation and disaggregation in AO-AOT system occurs. According to increasing temperature, the absorbance increases in pure AO system. But it gradually decreases in pre-micellar range(S/D=10, 20, 50 and 80). The disappearance degree of metachromasy according to the concentration of added salt to AO-AOT system is increased. However, the case of NaNO<sub>3</sub> is reversed. The order of disappearance degree of metachromasy on cationic salts is Li<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > Ca<sup>2+</sup>, and the order of it on anionic salts is Cl<sup>-</sup> > SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> > NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

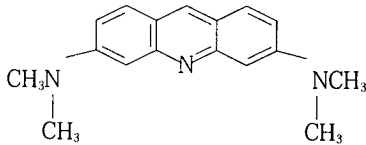
#### 1. 서 론

Acridine orange(AO)와 같은 유기색소 분자들은 수용액에서 자체 회합(self-aggregation)를 한다고 알려져 있다[1-5]. 이와 같은 유기색소분자는 원래 고유의 색깔과는 다르게 발색되는 경우를 metachromatic dye라고 불리우고 있는데, 이것은 지금까지 많은 연구가 진행되어 왔다. Metachromatic dye는 고분자 전해질이나 지질 이중층막 등의 첨가로 단위체

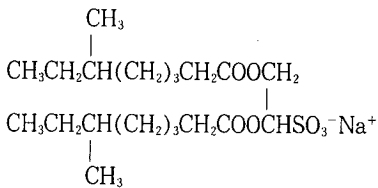
인  $\alpha$ -band는 감소하고 이합체인  $\beta$ -band는 증가하며 더욱 진한 농도에서는 장파장 이동(blue shift)에 의해  $\gamma$ -band에서 다분자 회합체가 나타나는데, 이러한 현상을 metachromasy이라고 한다[6-9].

한편 계면활성제는 농도의 증가에 따라 임계미셀농도(critical micelle concentration, CMC)에 이르면 미셀을 형성하는 특성이 있으며[10], 생체 조직에서 나타나는 미셀 현상[11]이라든가 water in oil(W/O)[12] 및 oil in water(O/W)[13] 에멀전, 미셀 촉매

반응과 같은 반응 속도론과 생화학 분야에서의 가용화[14], 염록체와 같은 생물학적 계를 모방하는 model membrane[15] 그리고 좋은 lasing 색소계를 발견하기 위한 광물리학적 연구[16]의 대상계로써 많은 관심의 대상이 되고 있다. 그리고 dry cleaning 제로 이용되고 있는 bis(2-ethylhexyl) sodium sulfosuccinate(혹은 Aerosol OT, AOT)는 친수성기의 극성 머리 부분에 물분자들이 둘러싸여 “water pool”과 내부로 접촉하는 형태를 취하며 소수성기인 탄화수소 꼬리들은 비극성 유기 용매들과 외부로 향하여 역미셀(reversed micelle)을 형성한다[17]. 이와 같이 역미셀은 여러 가지 물리·화학적 특성을 가지고 있으므로 계면활성제내에서 반대 하전의 상호작용을 이해하고자 probe로서 유기색소 분자를 사용해 왔다. 이들 대부분은 유기색소 분자와 반대 하전을 가진 sodium dodecyl sulfate(SDS) 사이의 상호작용에 관한 연구들이 많이 진행되어 왔을 뿐 AOT 역미셀에 관한 연구들은 미약한 실정이므로 본 연구에서는 AOT 존재하에서 AO 분자의 methachromasy 현상에 관한 이론적 배경을 기초로한 고찰이 필요하다고 생각된다.



Acridine orange(AO)

Bis(2-ethylhexyl) sodium sulfosuccinate  
(or Aerosol OT, AOT)

따라서 AO-AOT계의 흡수 및 형광 스펙트럼을 고찰해 보고 임계미셀농도보다 낮은 premicellar 영역 내에서 온도 의존성에 대한 회합 효과를 알아보았다. 그리고 유기색소 분자의 회합을 연구하는데 중요한 기초가 되는 몇 가지 염들을 선택하여 염의 양이온

및 음이온에 대한 methachromasy 소멸도를 검토해보고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1. 시료 및 기구

본 실험에 사용된 유기색소 분자는 acridine orange(Aldrich Co.)를 사용하였고, 계면활성제는 bis(2-ethylhexyl)sodium sulfosuccinate(Sigma Co.)를 사용하였으며, 무기염은 NaCl, LiCl, MgCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 및 NaNO<sub>3</sub>의 등(Sigma Co.)을 사용하였다. 그리고 증류수는 소량의 KMnO<sub>4</sub>와 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 첨가한 후 2회 증류하여 사용하였다.

한편 흡수 스펙트럼은 Beckmann사의 DU-68 분광광도기를 사용하였고, 형광 스펙트럼은 Hitachi사의 F-3010 분광광도기를 사용하였다. 임계미셀농도의 측정은 Face CBVP-A3의 표면장력계를 사용하였고, 원심분리기는 3,600 rpm을 가진 Hanil industrial Co.를 사용하였다. 그리고 모든 실험에 사용된 용량 플라스크는 dimethyldichlorosilane 용액으로 silanize하여 사용하였다.

### 2.2. 실험 방법

#### 2.2.1. 용액의 제조

AO의 저장용액은 1.0×10<sup>-3</sup>M로 제조한 후 냉암실에 보관하여 사용하였으며 장시간 보관시 흡광도가 떨어지므로 용액 제조 후 1주일 이내에 사용하였다. 한편 AOT 용액은 heptane을 용매로 한 0.1M AOT의 저장용액으로 만든 후 S/D(AOT의 농도/AO의 농도)에 따라 원하는 농도를 증류수로 희석하여 용액을 제조하였다. 이때 AOT의 용액은 에멀전 현상이 일어나므로 약 1시간 동안 원심분리하여 수용액층을 제조하였다. 그리고 AO-AOT 계에 첨가한 염들은 AO 및 AOT의 저장용액을 피펫으로 일정량씩 취하여 용량 플라스크에 넣고 여기에 원하는 염을 첨가한 후 용량 플라스크의 표선까지 증류수로 채워 용액을 제조하였다.

#### 2.2.2. 표면장력의 측정

Wilhelmy의 방법에 의한 백금판을 이용하여 표면장력을 측정하였는데, 이때 표면장력을 측정하기 전에 백금판을 에탄올로 씻은 후 알코올 램프로 가열하여 불순물을 완전히 제거한 다음, 백금판을 용액의

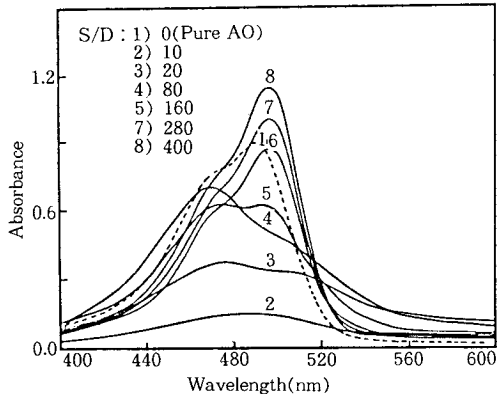


Fig. 1. The absorption spectra of AO-AOT system with various S/D ratio. S/D is the concentration ratio of AOT to AO  $[AO]=1.0 \times 10^{-5}M$ .

표면에 닿게하여 표면장력을 측정하였다. 그리고 모든 표면장력의 측정은  $20^{\circ}C$ 에서 행하였으며 물의 표면장력은  $72.5\text{dyn/cm}$ 이었다.

### 2.2.3. 염효과

AO-AOT계에 있어서 염의 첨가로 인한 metachromasy의 소멸도( $\alpha$ )는 다음과 같은 식에 의하여 구하였다[6].

$$\alpha = \frac{[I] - [I]_c}{[I]_0 - [I]_c} \times 100$$

여기서  $[I]_0$ 은 시료 용액내에서 AO의 총농도이고,  $[I]$  및  $[I]_c$ 는 각각 염이 존재하는 경우와 존재하지 않은 경우에 있어서  $\alpha$ -band의 흡광도로 결정된 AO의 농도이다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. AO와 AOT 사이의 상호작용에 의한 스펙트럼의 특성

AO의 농도가 일정한 조건( $1.0 \times 10^{-5}M$ )하에서 S/D에 따른 흡수 spectra의 변화 양상을 Fig. 1에 나타내었는데, S/D=20까지 증가시키면 최대 흡수파장( $\lambda_{max}$ )을 나타내는 492nm 부근에서  $\alpha$ -band와 470nm 부근에서  $\beta$ -band의 흡광도는 현저히 감소함을 볼 수 있다. 그리고 S/D=80에서는  $\beta$ -band의 흡광도가  $\alpha$ -band에 비해 더 크게 증가하며 S/D=160

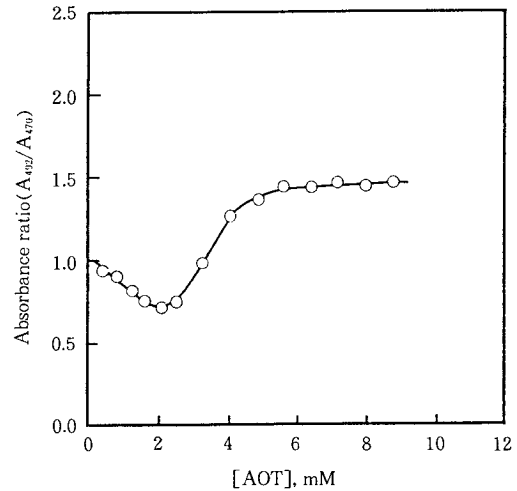


Fig. 2. The absorbance ratio ( $A_{492}/A_{470}$ ) of various concentrations of AOT.  $A_{492}/A_{470}$  is the absorbance ratio of 492nm to 470nm.

이상에서는  $\alpha$ -band의 흡광도가 더 크게 증가함을 볼 수 있다. 이러한 흡수 spectra의 변화 양상을 좀더 자세히 알아보기 위하여 AOT 농도에 따른 흡광도비 ( $A_{492}/A_{470}$ )로 도시해 본 결과(Fig. 2), 흡광도비가 감소함을 볼 수 있는데 이것은 단위체에 비해 이합체가 더 증가함으로써 AO 색소분자들이 AOT의 이온성 작용기(친수성기)에 정전기적으로 결합한 다분자 회합체를 형성한다고 볼 수 있다. 이러한 경우는 다른 Th-SDS계에서 나타난 변화 양상과 매우 유사하며[18] 점토 광물내에서 AO의 회합 효과를 보여주는 일종의 metachromasy 현상이라고 볼 수 있다[19].

그리고 흡광도비가 증가하는 단계( $2\text{mM} < [AOT] < 4\text{mM}$ )에서는 AO의 단위체가 증가하므로써 AOT 친수성 부분의 과잉으로 인하여 결합된 AO 분자들이 재분포 현상을 일으켜 부분적으로 회합하거나 또는 결합된 단위체 및 이합체 형태로 되어 회합이 점차 감퇴되는 해리 현상이라고 볼 수 있으며, 이러한 현상은 SDS 존재하에 나타난 변화 양상과 유사함을 알 수 있다[20]. 또한  $[AOT] > 4\text{mM}$ 에서는 흡광도비의 변화가 거의 없는데, 이것은 일반적으로 AOT는 고농도에서 역미셀의 크기가 증가하면서 AO 분자는 용액 내에서 free 단위체 상태로 환원됨에 따라 AOT 역미셀에 incorporation된 AO 분자는 색소 주위에 미세환경(microenvironment) 변화가 일어난다.

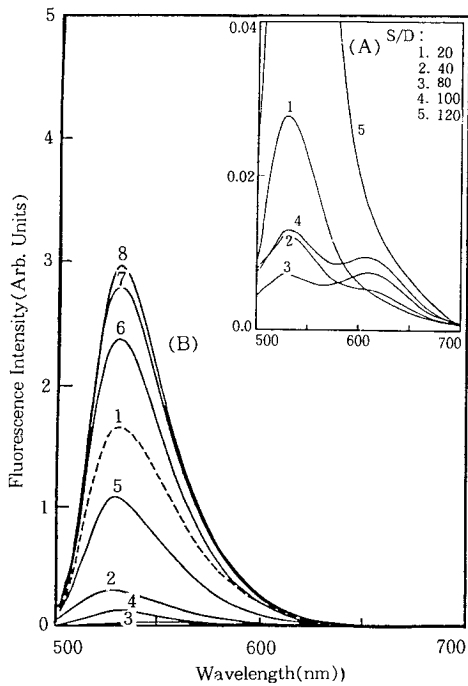


Fig. 3. The fluorescence spectra of AO-AOT system with various S/D ratio.  $[AO]=1.0 \times 10^{-5} M$ . S/D of B is the same as Fig. 1. The excitation wavelength is 492nm.

이러한 미세환경 변화는 최대 흡수파장의 이동으로 관찰할 수 있는데 순수한 AO 계(S/D=0) 및 AO-AOT계(S/D=400)의 경우에서 최대 흡수파장은 470nm에서 492nm까지 이동함을 볼 수 있으며(Fig. 2), 색소와 계면활성제 계에서 Lessing[21]은 색소 분자들이 미셀에 incorporation된다고 immobilization을 설명한 바 있다.

한편 Fig. 3은 형광 spectra를 나타낸 것인데, AO 단위체의 최대 흡수파장을 492nm로 들뜨게 하였을 때 Fig. 3(A)의 531nm 부근에서 나타나는  $\alpha$ -band와 640nm 부근의  $\beta$ -band에서 형광을 잘 보여주며 이합체의 형성으로 인해 형광세기가 감소함을 볼 수 있다. 이들 형광대들이  $\alpha$ -band와  $\beta$ -band에 각각 해당된 단위체와 이합체라고 할 수 있다. Fig. 3의 형광 spectra의 변화 양상을 AOT 농도에 따른  $\alpha$ -band의 형광세기로 도시해 본 결과(Fig. 4), 형광세기가 감소하다가 증가함을 볼 수 있다. 이러한 변화에서 나타나는 형광세기의 감소는 형광 소광(fluores-

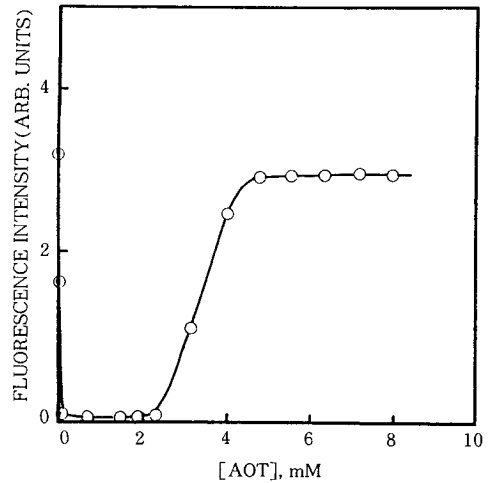


Fig. 4. The fluorescence intensity of AO monomer peak with the various concentrations of AOT.

cence quenching)에 의한 것이라고 할 수 있다. 일반적으로 형광 소광 현상의 요인은 dynamic quenching과 static quenching의 두 가지를 들 수 있는데 본 연구 결과의 경우에는 이들의 두 가지가 복합적으로 작용한 결과라고 생각된다. 첫째는 형광제인 AO 분자가 AOT와의 상호작용에 의하여 다분자 화합체를 형성하는 반응 때문이며, 둘째는 AO의 분자 회합에 맡미암은 형광제의 농도 소광 때문이라 생각된다. 그러므로 형광세기의 감소는 AO-AOT계의 다분자 화합체의 회합을 나타내며 형광세기의 증가는 AO-AOT계의 다분자 회합체에 결합된 AO 분자들의 회합 효과가 깨어지는 해리에 기인한 농도 소광 현상의 역효과라고 할 수 있다. 이러한 형광 spectra의 변화 양상에서 나타난 회합 및 해리 현상은 앞에서 서술한 흡수 spectra의 변화 양상과 유사하며 Rh 6G-SDS계에서 형광의 소광에 의한 회합 현상[22]과 DTC-SDS계에서 형광세기의 증가로 인한 색소 분자의 해리현상과 유사함을 볼 수 있다[23].

### 3.2. 임계미셀농도

계면활성제들은 일반적으로 농도가 증가함에 따라 서로 회합하는 특성이 있으며 임계미셀농도(CMC)에 이르면 미셀이 형성되는 데 이것은 용액의 물리적 성질이나 그 배열구조가 급변함에 따라 용액의 농도에

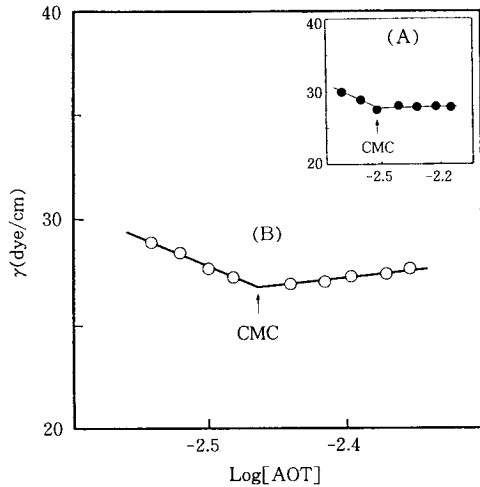


Fig. 5. Surface tension( $\gamma$ ) with the various concentrations of AOT in pure AOT(A) and AO-AOT(B) systems.  $[AO]=1.0 \times 10^{-5}M$ . The arrow shows the critical micelle concentration(CMC).

큰 변화가 생기므로 CMC 측정이 가능하다. CMC를 결정하는 방법은 여러 가지가 있으나[24], 본 연구에서는 표면장력을 이용하여 CMC를 결정하였다. Fig. 5는 AOT 농도에 따른 표면장력을 나타낸 것인데, AOT 농도가 증가함에 따라 처음에는 표면장력이 급격히 감소하다가 다시 AOT 농도가 증가함에 따라 다시 증가함을 알 수 있다. Fig. 5의 상단 A에서 발견되는 순수한 AOT계에서의 CMC(3.0mM)는 hexane을 저장용액으로 사용된 문헌(4.6mM)[25]과는 차이가 있으며 AO-AOT계에서의 CMC는 2.4mM임을 알 수 있다. 일부 연구자[26, 27]들은 색소-SDS 계에서의 CMC가 순수한 SDS계에서의 CMC보다 약간 작게 나타난다고 하였는데 본 연구의 결과에 의해서도 AO-AOT계에 있어서의 CMC가 순수한 AOT계에서의 CMC보다 작다는 것을 알 수 있다. 이러한 것은 계면활성제의 소수성 상호작용과 색소 분자들 사이의 소수성 상호작용이 부가되어 전체적인 회합력이 증가되기 때문이라고 생각된다.

3.3. 온도 효과

임계미셀농도보다 훨씬 낮은 premicellar 영역(S/D=10, 20, 50 및 80) 내에서 AO-AOT계의 온도 의존성에 대한 회합 현상을 알아보기 위하여 온도 상

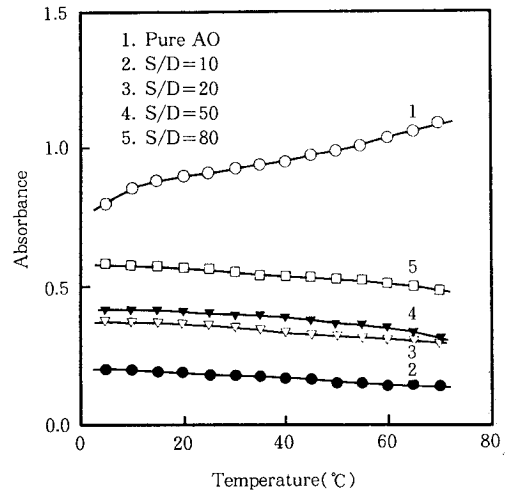


Fig. 6. Temperature dependence on absorbance of S/D.  $[AO]=1.0 \times 10^{-5}M$ .

승에 따른 흡광도로 나타낸 본 결과(Fig. 6), 온도의 상승에 따라 순수한 AO계에서는 흡광도가 증가한 것을 볼 수 있으나 AO-AOT계(S/D=10, 20, 50 및 80)에서는 흡광도가 점차 감소를 한다. 이러한 흡광도의 증가현상은 색소의 해리가 일어난다고 볼 수 있다. AO 분자 구조와 비슷한 thionine 색소[28]는 온도 상승에 따라 회합하지 않으며 rhodamine B[29]은 77K의 저온에서 주로 이합체로 존재한 사실로 볼 때 본 연구에 사용된 AO 분자는 온도 상승에 따라 회합하지 않은 색소임을 알 수 있다. 그리고 S/D=10, 20, 50 및 80에서 흡광도가 점차 감소 현상을 보이는 것은 온도 상승에 기인한 분자 운동의 활성화가 다분자 회합체의 회합을 증진시킨다고 볼 수 있다.

3.4. 염 효과

AO-AOT계의 metachromasy 현상에 미치는 염의 첨가효과를 알아보기 위하여 S/D=80에서 염들의 농도에 따른 metachromasy 소멸도( $\alpha$ )를 Fig. 7과 8에 각각 나타내었다. Fig. 7에서 보면, 염의 농도가 증가함에 따라 metachromasy 소멸도가 증가함을 볼 수 있으나 Fig. 8의  $NaNO_3$  경우는 증가하지 않고 오히려 감소를 보이고 있다. 이러한 metachromasy 소멸도가 감소한 현상을 보이는 것은 염의 낮은 농도에서 AO-AOT 다분자 회합체의 회합을 증진시킨다고 볼 수 있으며 소멸도가 증가한 것은 이와 반대이

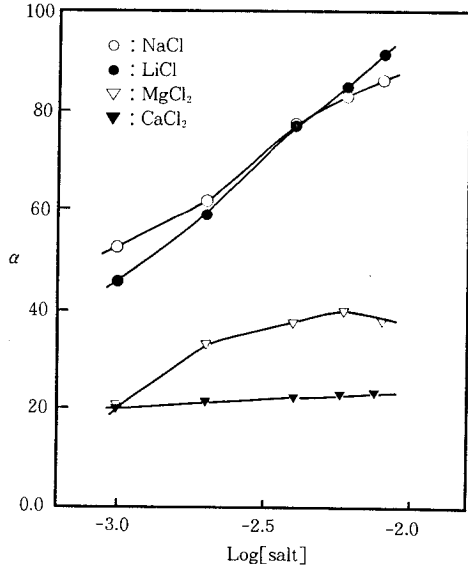


Fig. 7. Effect of cationic salts on degree of the disappearance of metachromasy( $\alpha$ ) at  $S/D=80$ .  $[AO]=1.0 \times 10^{-5}M$ .

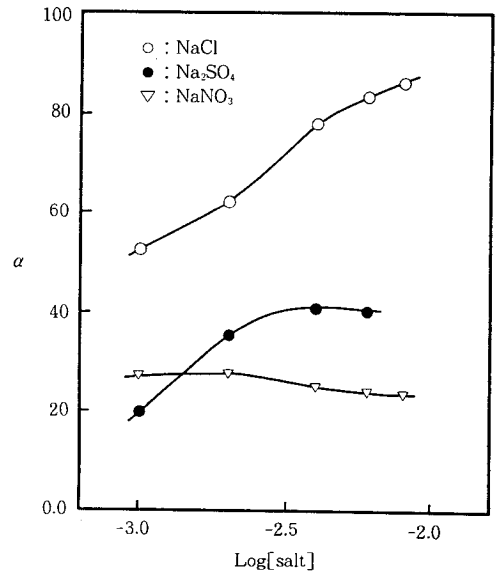


Fig. 8. Effect of anionic salts on degree of the disappearance of metachromasy( $\alpha$ ) at  $S/D=80$ .  $[AO]=1.0 \times 10^{-5}M$ .

며 미셀 형성을 저해한다는 것을 의미한다. 이 사실은 순수한 AO 분자 구조와 유사한 수용액에 있어서 염의 첨가로 유기색소의 회합이 증진되는 것과 비교해 보면 매우 특이한 현상이다[30]. 염의 첨가에 대하여 두 가지 경우를 생각할 수 있는데 그 하나는 금속 양이온의 음이온 계면활성제인 AOT와의 상호작용 효과이고, 또 하나는 음이온의 색소 양이온에 대한 상호작용 효과이다. AO-AOT계는 순수한 AO계의 경우와 상이하여 특정 농도 이상에서 미셀을 형성한다는 것과 앞에서 서술한 AO-AOT계의 CMC가 순수한 AOT계의 CMC보다 낮다는 사실을 고려한다면 AO-AOT계에 대한 염의 첨가 효과가 분자의 회합 또는 미셀 형성을 저해한다는 사실은 위의 두 가지 효과가 모두 유효하게 작용하여 AO 분자나 AOT 분자들이 모두 정전기적으로 중화되어 AO-AOT 다분자 회합체가 감퇴되기 때문이라고 볼 수 있다. 그리고 AOT와 결합된 AO 분자들이 수용액 중으로 떨어져 나가 free AO의 농도가 증가하므로써 metachromasy 소멸도가 증가한다고 볼 수 있다. 일부 연구자[6, 7]들은 염의 첨가로 색소-고분자전해질 계에서 색소와 고분자 전해질 사이의 정전기적 결합을 파괴한다고 하였다. 이러한 사실로 미루어 볼 때

Fig. 7에 나타난 바와 같이 4mM 이상의 염의 농도에서는  $Li^+$  이온의 metachromasy 소멸도가  $Na^+$  이온보다 더 크게 증가하며 그 이하의 농도에서는 이와 반대로 나타남을 알 수 있다. 그리고 2가 양이온인  $Mg^{2+}$  및  $Ca^{2+}$ 의 metachromasy 소멸도는 1가 양이온인  $Li^+$  및  $Na^+$ 의 이것보다 훨씬 작게 증가하는데, 이것은 염의 첨가로 색소분자의 회합을 더욱 촉진시키는 역할을 하는 금속 양이온의 차폐효과(screen effect)가 크기 때문이라고 볼 수 있다. 따라서 이들의 염들의 metachromasy 소멸도의 증가 순서는  $Li^+$ 와  $Na^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+}$ 로 나타남을 알 수 있다.

그리고 Fig. 8에서 염의 음이온에 대한  $Cl^-$  첨가시 metachromasy 소멸도는  $SO_4^{2-}$ 나  $NO_3^-$ 와 대조적으로 훨씬 크게 증가한다. 이러한 것은 수화된 이온 반경의 크기 때문이라고 볼 수 있으며,  $Cl^-$  이온의 전하 밀도는  $SO_4^{2-}$ 에 비해 작으므로  $Cl^-$ 의 분자회합 파괴효과가 더 크게 작용하리라 생각된다. 따라서 이들의 metachromasy 소멸도의 증가 순서는  $Cl^- > SO_4^{2-} > NO_3^-$ 로 나타남을 알 수 있다. Th-SDS계에 염의 음이온 첨가로 인한  $\alpha$ -band의 흡광도의 증가순서[18]는 본 실험의 결과의 metachromasy 소멸도의 증가 순서와 동일하다고 볼 수 있다.

## 4. 결 론

본 연구는 유기색소인 acridine orange(AO)와 계면활성제인 bis(2-ethylhexyl) sodium sulfosuccinate (AOT) 사이의 상호작용, 온도 의존성 및 염효과에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. AO-AOT계내에서 S/D의 증가에 따른 흡수 및 형광 spectra의 변화 양상이 감소하다가 증가함을 알 수 있었으며 이들의 결과로부터 AO-AOT계의 다분자 화합체는 회합 및 해리가 일어남을 알 수 있었다.
2. AO-AOT계에서 나타난 CMC는 순수한 AOT계에서의 CMC보다 작게 나타남을 알 수 있었다.
3. 온도의 상승에 따라 순수한 AO계에서는 흡광도가 증가하나 pre-micellar 영역인 S/D=10, 20, 50 및 80에서는 흡광도가 점차 감소함을 알 수 있었다.
4. AO-AOT계에 첨가한 염의 농도가 증가함에 따라 metachromasy 소멸도는 증가하나  $\text{NaNO}_3$ 의 경우는 이와 반대 현상이 나타난다. 이러한 염의 양이온에 대한 metachromasy 소멸도의 증가 순서는  $\text{Li}^+ > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ 이며, 염의 음이온에 대해서는  $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^-$ 로 나타남을 알 수 있었다.

## 감 사

본 연구는 조선대학교 학술연구비 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

## 참고 문헌

1. M. G. Neumann and N. Hioka, *J. Appl. Poly. Sci.*, **34**, 2829(1989).
2. P. Mukerjee and A. K. Ghosh, *J. Am. Chem. Soc.*, **92**, 6403(1970).
3. E. H. Braswell, *J. Phys. Chem.*, **88**, 3653(1984).
4. P. L. Buldini, *Anal. Chim. Acta*, **82**, 187(1976).
5. V. Vitagliano and L. Costantino, *ibid.*, **74**, 197(1970).
6. M. Shirai, M. Yamashita, and M. Tanaka, *Makromol. Chem.*, **178**, 37(1977).
7. V. Vitagliano and L. Costantino, and Zageri, *J. Phys. Chem.*, **77**, 224(1973).
8. K. Yamaoka and M. Takatsuki, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **54**, 923(1981).
9. H. Lee and H. S. Lee, *J. Kor. Chem. Soc.*, **35**, 612(1991).
10. D. Attood and A. T. Florence, "Surfactant systems", 40, Chapman and Hall press, New York(1983).
11. A. T. Florence, "Biological Implication of Micelle Formation in Micellization, Solubilization and Microemulsions", 1, 55 K. L. Mittal Ed, Plenum, New York(1977).
12. J. M. Tingeny, J. L. Fulton, and R. D. Smith, *J. Phys. Chem.*, **94**, 1997(1990).
13. A. Berthod and M. D. Carvalho, *Anal. Chem.*, **64**, 267(1992).
14. C. J. O. Conner, E. J. Fendler, and J. H. Fendler, *J. Am. Chem. Soc.*, **95**, 600(1973).
15. G. S. Singhal, J. H. Rabinowitch, and V. Srinivasan, *Photochem. Photobiol.*, **11**, 531(1970).
16. G. A. Kenney-Wallace, J. H. Flint, and S. C. Wallace, *Chem. Phys. Lett.*, **32**, 71(1975).
17. M. Gratzel, "Heterogeneous Photochemical Electron transfer", 72, CRC press, Florida(1989).
18. S. H. Kim and K. D. Song, *J. Korean Ind. & Eng. Chemistry*, **5**, 779(1994).
19. R. Cohen and S. Yariv, *J. Chem. Soc., Faraday Trans. I*, **80**, 1705(1984).
20. J. W. Park and H. Chung, *Bull. Korean Chem. Soc.*, **7**, 113(1986).
21. H. E. Lessing and A. Von Jena, *Chem. Phys.*, **41**, 395(1979).
22. N. Mataga and M. Koizumi, *Nippon Kagaku Zasshi*, **75**, 35(1954).
23. H. Sato, M. Kawasaki, K. Kasatani, N. Nakshima, and K. Yoshihara, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **56**, 3588(1983).
24. M. J. Rosen, "Surfactants and Interfacial Phenomena", 2nd ed., 190, Wiley press, Canada(1989).
25. B. K. Selinger, and A.R. Wakins, *Chem. Phys. Lett.*, **56**, 104(1978).

26. Y. Kusumoto and H. Sato, *ibid.*, **61**, 88(1979).  
27. T. Ban, K. Kasatani, M. Kawasaki, and H. Sato, *Photochem. and Photobiol.*, **37**, 131(1983).  
28. W. C. Lai, N. S. Dixit, and R. A. Mackay, *J. Phys. Chem.*, **88**, 5364(1984).  
29. J. E. Selywyn, and J. I. Steinfeld, *ibid.*, **70**, 1695 (1966).  
30. H. S. Bose, Indian, *J. Chem.*, **26A**, 652(1987).