

## 분광용매화 구리(II) 착물에 의한 메탄올 이성분 혼합용매들의 Donor Number

柳承教 · 金鎮成 · 司空烈\*

한양대학교 자연과학대학 화학과

(1992. 6. 4 접수)

### Donor Number of Mixed MeOH Solvents Using a Solvatochromic Cu(II)-Complex

Seoung-Kyo Yoo, Jin Sung Kim, and Yeol Sakong\*

Department of Chemistry, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

(Received June 4, 1992)

**요 약.** 분광용매화 기질인  $[\text{Cu}(\text{tmen})(\text{acac})]\text{ClO}_4$ 를 이용하여 혼합용매의 Lewis basicity인 Gutmann의 Donor Number(DN)를 측정하였다. 측정된 여덟가지 MeOH 혼합용매들의 DN값 변화는 단순히 용매의 조성변화와 일치하지 않을 뿐만 아니라, 혼합용매들은 그 변화 형태에 따라 세 개의 그룹으로 구분할 수가 있었다. (1) 기질에 대한 용매화가 주로 cosolvent들에 의해 이루어지는 경우(MeOH-DMSO, MeOH-PY, MeOH-DMF)와 (2) 기질의 용매화에 혼합용매의 두 성분이 거의 동일하게 영향을 미치는 경우(MeOH-MeCN, MeOH-dioxane, MeOH-AC) 및 (3) 전적으로 MeOH에 의한 기질의 용매화가 이루어지는 경우이다(MeOH-DCE, MeOH-TCE). 또한 순수한 용매들의 경우와 마찬가지로 이들 혼합용매들에 대한 DN과 Kamlet-Taft의 basicity 변수인  $B_{KT}$  값들간에는 비교적 좋은 상관관계성을 볼 수 있었으며, 혼합용매들의 반응성 해석에서도 유용한 인자로 사용될 수 있음을 알았다.

**ABSTRACT.** An empirical Lewis basicity, DN, for eight mixed methanol solvents has been measured by the solvatochromic behaviour of the  $[\text{Cu}(\text{tmen})(\text{acac})]\text{ClO}_4$ . The change of DN in mixed methanol solvents is not correlated with composition of the mixtures and divided into three groups: (1) dipolar aprotic solvents contribute mainly to the solvation of solute (MeOH-DMSO, MeOH-PY, MeOH-DMF), (2) two components of mixture contribute equally to the solvation of solute (MeOH-MeCN, MeOH-dioxane, MeOH-AC) and (3) methanol contributes entirely to the solvation of solute (MeOH-DCE, MeOH-TCE). The relationship between DN and Kamlet-Taft's  $B_{KT}$  for mixed methanol solvents was found to agree well. These DN values also were a useful factor to analysis of reactivity for mixed methanol solvents.

### 서 론

일반적으로 용매효과를 설명하는 이변수식은 용매의 Lewis acidity와 Lewis basicity의 상호보완적인 변수로 구성된다. 그 중 용매의 Lewis basicity를 결정하는 대표적인 변수로는 Kamlet-Taft의 수소결합반계 염기도인  $\beta^{1-4}$ 와 Kopel과 Palm의  $B^{5,6}$  및 Gutmann의 전자쌍 주개능력인  $\text{DN}^{7,8}$ 을 들 수 있다.

이러한 용매의 염기도 변수들을 이용한 순수용매들에 대한 연구는 대단히 많으나, 혼합용매들에 대한 염기도 측정에 관한 연구는 극히 드물다.

최근 Krygowski 등은 Kamlet-Taft의 염기도 변수인  $\beta$ 를 조금 수정한  $B_{KT}$ 를 10여 가지의  $\text{H}_2\text{O}$  혼합용매들과 MeOH 혼합용매들<sup>10</sup>에 대해 측정 보고하였다. 이러한  $B_{KT}$ 는 *p*-nitroaniline과 *N,N*-diethyl-

*p*-nitroaniline을 통한 분광용매화 변수로서 용매분자들의 전자적인 분위기를 비교적 잘 반영할 수 있는 변수이다. 반면 기질인  $SbCl_5$ 가 용매분자와 1:1 분자 adduct를 형성할 때의 몰 엔탈피(kcal/mol)로 정의된 Gutmann의 DN은 혼합용매의 염기도 측정 변수로는 적합하지 못하다. Popov 등은  $Na^{23}$  NMR을 통한  $Na^+$  이온의 용매화<sup>11</sup>로부터 간접적인 방법으로 몇 가지 혼합용매들의 DN값을 측정하였다. 그러나 이 역시 혼합용매의 charge density를 민감하게 반영할 수 있는 방법은 되지 못한다.

한편 Fukuda 등은 다수의 Cu(II) complex를 이용하여 측정된 여러 용매들에서의  $\lambda_{max}$ 와 DN값 사이에 직선적 상관관계가 있다는 사실을 밝혔으며<sup>12-14</sup>, 최근 Gutmann 등도  $[Cu(tmen)(acac)]ClO_4$ 를 통한 용매의  $\lambda_{max}$ 와 DN값 간의 상관관계를 보고하였다<sup>15</sup>.

본 연구에서는 이러한 분광용매화 기질인  $[Cu(tmen)(acac)]ClO_4$ 를 이용하여 MeOH-DMSO, MeOH-PY, MeOH-DMF, MeOH-MeCN, MeOH-AC, MeOH-dioxane, MeOH-DCE, 및 MeOH-TCE의 8가지 MeOH 혼합용매들의 donicity를 간접적인 방법으로 구하였으며, 이같이 결정된 혼합용매들의 DN이 혼합용매의 basicity 능력으로 사용하기에 타당함을 논의하였다.

### 실 험

DN 측정 기질로 사용된 [(*N,N,N',N'*-tetramethylethylenediamino)-acetylacetonato]copper(II) perchlorate인  $[Cu(tmen)(acac)]ClO_4$ 는 copper(II) perchlorate hexahydrate인  $[Cu(ClO_4)_2 \cdot 6H_2O]$ 와 *N,N,N',N'*-tetramethylethylenediamine(tmen)인  $[(CH_3)_2NCH_2CH_2N(CH_3)_2]$  및 acetylacetonate(acac)인  $[CH_3COCH_2COCH_3]$ 를 1:1 에탄올 수용액에서 정량반응시키고 무수 sodium carbonate로 중화하여 에탄올로부터 재결정함으로써 얻었다. Carlo Erba 원소분석기를 통한 분석결과는 C(found 35.02%, calc. 34.92%), H(found 6.05%, calc. 6.13%) 및 N(found 7.28%, calc. 7.40%)로 나타났으며, IR spectra에 의한 특성 band들은 C=C( $158\text{ cm}^{-1}$ ), C=O( $1524\text{ cm}^{-1}$ ) 및  $ClO_4$ ( $1100\text{ cm}^{-1}$ )로 Fukuda 등<sup>13</sup>의 결과와 일치하였다.

$\lambda_{max}$ 의 측정은 cell holder를  $25 \pm 0.2^\circ C$ 로恒温시킨 Kontron사의 Uvicon 860 자외선 분광광도계를 이용하였으며, 기질의 농도는  $10^{-3} \sim 10^{-4}\text{ mole dm}^{-3}$  정도로 하여 사용하였고, 최대흡수파장의 결정은 3~5회 측정치의 평균으로 오차 한계를  $\pm 1\text{ nm}$  이내가 되도록 하였다. 실험에 사용된 용매중 methanol(MeOH)은 Merck제 GR이었으며, 나머지는 다른 용매들은 Aldrich제 spectrophotometric grade였다. 제조된 혼합용매는 MeOH-dimethylsulfoxide(DMSO), MeOH-pyridine(PY), MeOH-dimethylformamide(DMF), MeOH-methylcyanide(MeCN), MeOH-dioxane, MeOH-acetone(AC), MeOH-1,2-dichloroethane(DCE) 및 MeOH-1,1,2,2-tetrachloroethane(TCE)로 이들은 분자체  $4\text{ \AA}$ 로 보관하여 사용하였다.

### 결과 및 고찰

Fig. 1은  $[Cu(tmen)(acac)]ClO_4$ 으로 측정된 대표적 protic 용매인 MeOH를 포함한 13가지의 순수 용매들에 대한  $\lambda_{max}$ 와 DN간의 상관관계를 나타낸 것이며, 상관관계 계수는  $r=0.958^\circ$ 였다.

이러한 분광용매화 기질인  $[Cu(tmen)(acac)]ClO_4$ 은 용매와 반응할 때 Fig. 2와 같은 *d-d* transition을

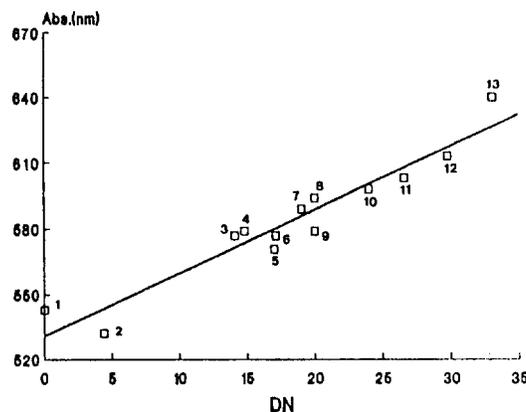


Fig. 1. The relation between  $\lambda_{max}$  and DN in the solutions of  $[Cu(tmen)(acac)]ClO_4$  in various solvents. The squares refer to: 1. DCE, 2. nitrobenzene, 3. MeCN, 4. dioxane, 5. AC, 6. ethylacetate, 7. MeOH, 8. ethanol, 9. tetrahydrofuran, 10. formamide, 11. DMF, 12. DMSO, 13. PY.

나타내게 된다. 즉 보다 높은 온도에서나 donor 능력이 약한 용매에서는 square planar 구조를 갖는 반면 온도가 낮아지거나 donor 능력이 큰 용매에서는 octahedral 구조로 바뀌게 된다. 이같이  $[\text{Cu}(\text{tmen})(\text{acac})]\text{ClO}_4$ 는 용매분자의 charge density 변화에 민감하게 반응할 수 있는 기질이므로 혼합용

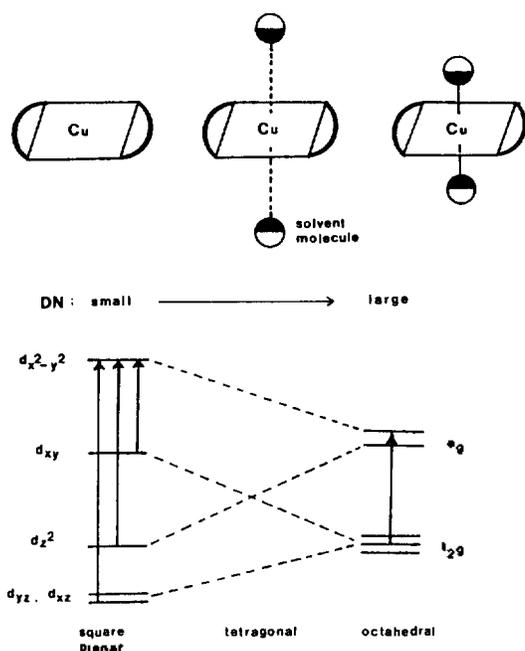


Fig. 2. The electronic transition structure of  $[\text{Cu}(\text{tmen})(\text{acac})]\text{ClO}_4$  in solvents.

Table 1. DN of  $[\text{Cu}(\text{tmen})(\text{acac})]\text{ClO}_4$  in MeOH binary mixtures

MeOH mole fraction	DMSO DN	PY DN	DMF DN	MeCN DN	Dioxane DN	AC DN	DCE DN	TCE DN
1.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00
0.9	22.95	20.74	22.08	18.70	18.62	18.81	19.00	19.00
0.8	26.20	22.68	23.42	18.26	18.27	18.71	18.65	19.00
0.7	27.48	24.42	24.02	16.71	17.74	18.62	18.39	19.00
0.6	28.54	26.21	24.51	16.49	17.15	18.48	18.27	18.88
0.5	28.90	27.79	24.99	16.10	16.78	18.32	18.20	18.70
0.4	28.17	29.19	25.46	15.83	16.44	18.14	17.96	18.39
0.3	29.44	30.39	25.89	15.49	16.06	17.87	17.62	17.90
0.2	29.58	31.53	26.29	15.06	15.68	17.60	17.36	16.98
0.1	29.71	32.45	26.55	14.59	15.22	17.29	15.64	15.14
0.0	29.80	33.10	26.60	14.10	14.80	17.00	0.00	0.00 <sup>a</sup>
$\Delta\text{DN}_{\text{max}}^b$	5.24	1.74	2.90	-0.82	-0.17	0.34	13.24	13.74

<sup>a</sup>Estimated value. <sup>b</sup>Maximal deviation from ideal behavior.

매들의 donicity 측정도 가능할 것으로 판단하였다.

Table 1은 측정된 8가지 MeOH 혼합용매들에 대한 DN이며, 이들의 변화는 Fig. 3과 같다. Fig. 3 으로부터 우리는 MeOH 혼합용매의 basicity 변화 양상을 3개의 그룹으로 나눌 수 있다. (1)은 기준 용매인 MeOH의 DN 19보다 큰 값을 가지는 DMSO, PY 및 DMF 혼합용매들의 경우로 이는 큰 DN을 가지는 cosolvent들에 의하여 기질의 선호적 용매화가 나타나는 경우이며, (2)는 MeOH보다 약간 작은 DN을 가지는 MeCN, AC 및 dioxane 혼합용매들로 이들은 MeOH로부터 이러한 cosolvent들까지 거의 직선적 감소 변화를 보인다. (3)은 donor 능력이 거의 없는 용매인 DCE나 TCE가 혼합용매를 이루는 경우로 이는 전적으로 MeOH의 함량 변화에 따른 극단적인 변화 모양을 나타내는 경우이다.

먼저 (1) 그룹의 MeOH-DMSO, MeOH-PY 및 MeOH-DMF 혼합용매들은 이상적인 직선적변화에서 많이 벗어나는 큰 양의 deviation을 가지는 변화를 나타내고 있다. 즉 DMSO, PY 및 DMF에 의한 기질의 용매화가 더 우선적으로 나타나고 있다. 특히 이들 순수한 세 가지 dipolar aprotic 용매들의 donor 능력인 DN은  $\text{PY}(33.1) > \text{DMSO}(29.8) > \text{DMF}(26.6)$  순서이나 MeOH과 혼합용매를 이룰 때에는 기질에 대한 용매화 능력이 순수한 용매일 때에는 달리  $\text{DMSO} > \text{DMF} > \text{PY}$  순으로 나타난다. 즉 혼합용매를 이룰 경우 DMSO의 donicity는 상당히 강화되는

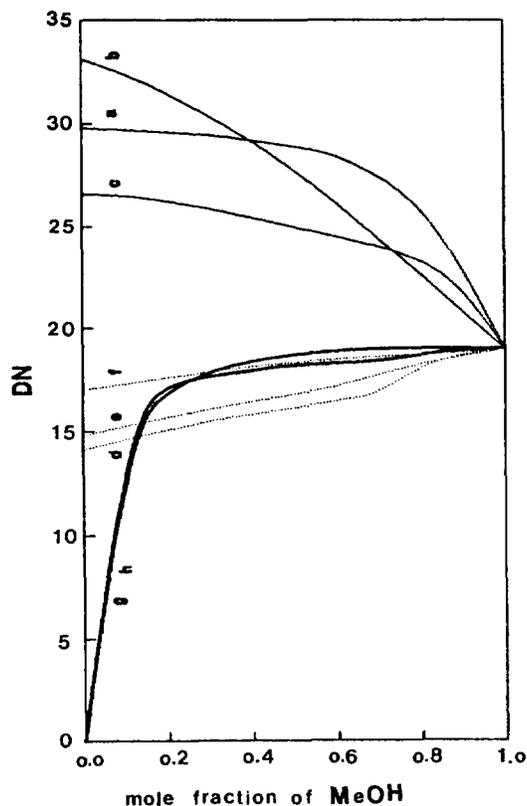
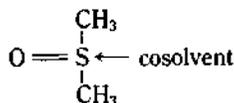


Fig. 3. Plots of DN vs. mole fraction of MeOH for eight mixed methanol solvents: a. MeOH-DMSO, b. MeOH-PY, c. MeOH-DMF, d. MeOH-MeCN, e. MeOH-dioxane, f. MeOH-AC, h. MeOH-TCE.

반면 PY는 오히려 donor 능력이 매우 약화되는데 이것은 S-O bond를 통한 강한 회합구조를 가진 DMSO에 cosolvent가 첨가되면 DMSO의 회합구조 파괴가 일어난 후 cosolvent-DMSO간에 다음과 같은 dipole interaction으로부터



DMSO의 산소원자에 전자밀도가 증대되어 DMSO의 donor 성질이 강화되게 된다. 그러나 PY의 경우는 PY가 가지는  $\pi$ -전자계를 통한 전자밀도의 delocalization 때문에 donor 능력이 약화되어 나타나게 되는 것이며, 이는 Popov 등의  $^{23}\text{Na}$  NMR에 의한  $\text{Na}^+$  이온의 용매화에 관한 연구<sup>11</sup>와 Gutmann 등의

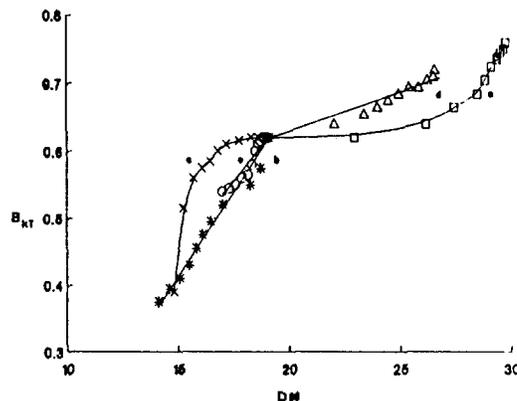


Fig. 4. The relation between DN and  $B_{KT}$  for five mixed methanol solvents: a. MeOH-DMSO( $r=0.915$ ), b. MeOH-MeCN( $r=0.986$ ), c. MeOH-dioxane( $r=0.805$ ), d. MeOH-DMF( $r=0.968$ ), e. MeOH-AC( $r=0.960$ ).

organotin halides의 conductance에 대한 연구<sup>16</sup> 결과들과 일치함을 보였다.

한편 (2) 그룹의 MeOH-MeCN, MeOH-AC 및 MeOH-dioxane 혼합용매들은 (1) 그룹용매들과는 달리 용매의 어느 한 성분에 의해 더 선호되는 용매화가 아닌 거의 직선적인 변화를 보인다. Table 1의 deviation값인  $\Delta\text{DN}_{\text{max}}$  역시 1.0 이하의 작은 값으로 나타나며, 특히 MeCN이나 dioxane의 경우는 음의 deviation을 나타내 이는 상대적으로 MeOH 보다 작은 DN을 가지는 이들 aprotic 용매들이 오히려 기질의 용매화에 더 중요한 성분으로 작용함을 보여주는 것이다. 또한 DN이 0인 DCE와 donor 능력이 거의 없는 것으로 여겨지는 TCE는 MeOH의 몰 분율이 극히 적은  $X_{\text{MeOH}}=0.2$  정도까지는 DN값에 거의 변화를 보이지 않다가 그 이하의 농도에서 매우 급격한 변화를 보이고 있다. 이것은 이들 혼합용매에서 DCE나 TCE가 MeOH과 거의 상호작용을 이루지 않는다는 것들을 단적으로 보여주고 있는 것이다.

Fig. 4는 본 연구에서 측정된 MeOH 혼합용매들의 DN과 ref. 10에 있는  $B_{KT}$ 값들간의 관계를 도시한 것으로 상호간에 비교적 좋은 직선관계가 있음을 볼 수 있으며, 이는 순수한 용매들의 DN과  $\beta$ 간의 상호관계가 혼합용매들에서도 그대로 적용됨을 보여주고 있는 것이다. 그러나 예외적으로 MeOH-DMSO와 MeOH-dioxane 혼합용매는 DN과  $B_{KT}$ 간

Table 2. Correlations of *t*-butyl chloride solvolysis rates and two parameter equations in MeOH binary mixtures

Eqn. Solvent set	$\log k = \epsilon E_T + \delta DN + C$				$\log k = \chi AN + \delta DN + C$			
	$\epsilon$	$\delta$	$C$	$r$	$\chi$	$\delta$	$C$	$r$
MeOH-DMSO	0.084	-0.040	-9.817	0.995	0.041	-0.025	-7.202	0.996
	0.167		-15.326	0.934	0.062		-8.582	0.984
MeOH-PY	0.754	0.241	-52.305	0.983	0.161	-0.032	-13.364	0.971
	0.280		-21.492	0.966	0.132		-11.550	0.970
MeOH-DMF	0.279	-0.044	-20.624	0.994	0.135	0.031	-12.226	0.998
	0.347		-25.330	0.985	0.117		-10.857	0.996
MeOH-MeCN	0.611	-0.014	-39.734	0.998	0.179	-0.105	-11.524	0.970
	0.560		-37.126	0.997	0.099		-10.170	0.940
MeOH-AC	0.253	0.631	-32.005	0.998	0.031	1.636	-38.240	0.994
	0.367		-26.443	0.997	0.173		-13.073	0.991

의 상관관계가 약간 떨어짐을 보인다. 특히, Krygowski 등은 MeOH-dioxane의 basicity 변화를 본 연구에서의 세제 그룹에 속하는 MeOH-DCE 혼합용매의 basicity 변화와 비슷한 형태를 가지는 MeOH-CHCl<sub>3</sub> 군으로 분류하였으나 본 연구에서는 MeOH-dioxane 혼합용매의 DN 변화가 오히려 MeOH-MeCN이나 MeOH-AC의 변화와 비슷하게 나타났다. 이는 Lewis acidity 변수인  $E_T$ 나 AN의 변화에서도 MeOH-dioxane이 MeOH-MeCN이나 MeOH-AC 혼합용매와 비슷한 변화를 나타내는 점<sup>17</sup>과 이같은 혼합용매의 basicity 변화가 용매간의 상호작용에 의한 구조파괴나 새로운 구조의 형성정도에 기인한다고 볼 때 MeOH-dioxane 용매는 두번째 그룹인 MeCN이나 AC 혼합용매와 같은 군으로 판단하는 것이 더 타당할 것이다.

또한 이들 MeOH 혼합용매에서의 *t*-butyl chloride의 반응성 해석을 위한 회귀분석 결과 역시 Lewis acidity 변수인  $E_T$ 나 AN 만으로 구해진 상관관계 보다 DN과 짝지워진 이변수식으로부터 더 좋은 상관관계가 구하여짐을 알 수 있다.

즉 Table 2는 5가지 혼합용매들에 대한 Bu'Cl의 반응속도  $\log k$ <sup>18-20</sup>와 이들 변수간의 상관관계를 나타낸 회귀분석 결과로 단일변수로 구하여진 상관관계 계수 보다는 Table 1에 있는 혼합용매들의 DN을 이용한 이변수식에 의한 계산이 더 향상된 상관관계 계수를 보여주고 있다. 이는 여러가지 복합적인 용매효과들에 의하여 이루어지는 반응을 설명하는데 Lewis acidity만의 변수보다는 상호보완적인 Lewis

basicity 변수항을 고려해 줌이 더욱 유리하다는 것이며, [Cu(tmen)(acac)]ClO<sub>4</sub>을 이용하여 측정된 혼합용매들의 DN이 이러한 혼합용매들의 반응성 해석에도 유용한 값으로 사용될 수 있음을 보여주는 것이다.

Tetrahydrofuran과 1,2-dimethoxyethane의 DN은 20으로 MeOH의 19보다 큰 값을 가지나 기질로부터 측정된  $\lambda_{max}$ 는 오히려 MeOH의 598 nm보다 작은 579 nm와 577 nm를 나타내었다. 이같은 일부 ether류 용매들은 기대되는  $\lambda_{max}$ 보다 작은 값을 나타내어 이들의 혼합용매들에 대한 DN 결정에는 이용할 수가 없었다.

Mayer는 혼합용매에 있어서 기준용매의 몰분율에 따른 isosolvation point와 cosolvent들의 DN 사이에 직선적 상호관계가 있음을 보고 용매간의 결합력은 cosolvent들의 DN에 크게 의존한다는 사실을 밝혔다<sup>21</sup>. 본 연구에서는 이러한 용매간의 상호작용의 정도를 알 수 있는 한 방법인 용매간의 수소결합 형성상수와 비교함으로써 논의하였다.

Fig. 5는 FT-IR spectra를 통한 MeOH와 dipolar aprotic 용매간의 수소결합 형성상수인  $K_j$ <sup>17,18b</sup>와 Kim 등이 AM 1 program으로 계산한 MeOH-cosolvent dimer들간의 수소결합 안정화에너지<sup>22</sup> cosolvent들의 DN 값과의 관계를 나타낸 것으로 전자인 수소결합 형성상수는  $r=0.989$ 로 후자의 경우  $r=0.913$ 보다 상당히 좋은 관계성을 보이나 두 경우 모두 용매-용매간 상호작용의 강도가 cosolvent들의 donor 능력에 기인한다는 사실을 보다 분명하게 보

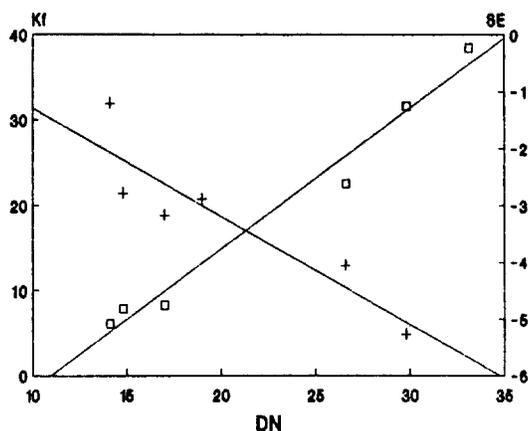


Fig. 5. The relation between DN and hydrogen bonding formation constants( $K_f$ ) and hydrogen bonding stabilization energy (SE). (□:  $K_f$  vs. DN, +: stabilization energy vs. DN)

여주는 것이다.

이상에서와 같이  $[Cu(tmen)(acac)]ClO_4$ 는 혼합용매의 Lewis basicity를 결정할 수 있는 유용한 기질임을 알 수 있었으며, 혼합용매의 basicity 변화 역시 단순히 혼합용매의 조성과 일치하는 변화로만 나타나는 것은 아니었다. 일부 ether류 용매들에 대한 보완과 보다 정확한 분석 및 적용을 위해서는 더 많은 혼합용매들에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

### 인 용 문 헌

- R. W. Taft, N. J. Pienta, M. J. Kamlet, and E. M. Arnett, *J. Org. Chem.*, **46**, 661 (1981).
- M. J. Kamlet and R. W. Taft, *J. Am. Chem. Soc.*, **98**, 3233 (1976).
- M. J. Kamlet, A. Salomonovici, and R. W. Taft, *J. Am. Chem. Soc.*, **101**, 3734 (1979).
- M. J. Kamlet, M. F. Jones, R. W. Taft, and J. L. Abboud, *J. Chem. Soc. Perkin Trans. II*, 379 (1979).
- I. A. Koppel and V. A. Palm in *Advances in Linear Free Energy Relationships*. N. B. Chapman and J. Shorter, eds., Plenum, London, 1972). Chapt. 5.
- I. A. Koppel and V. A. Palm, *Reakts. Sposobil. Organich. Soed.*, **11**, 121 (1974).
- V. Gutmann and E. Wychera, *Inorg. Nucl. Chem. Lett.*, **2**, 257 (1966).
- V. Gutmann, *Coord. Chem. Rev.*, **18**, 225 (1976).
- T. M. Krygowski, P. K. Wrona, and U. Zielkowska, *Tetrahedron*, **41**, 4519 (1985).
- T. M. Krygowski, C. Reichardt, P. K. Wrona, C. Wyszomirska, and U. Zielkowska, *J. Chem. Res (S)*, 116 (1983).
- M. S. Greenberg, and A. I. Popov, *Spectrochimica Acta*, **31A**, 697 (1975).
- F. Fukuda and K. Sone, *Bull. Chem. Soc. Japan.*, **45**, 465 (1972).
- Y. Fukuda, A. Shimura, M. Mukaida, E. Fujita, and K. Sone, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **36**, 1265 (1974).
- K. Sone and Y. Fukuda, "Effects of Nonaqueous Solvents on the Electronic Structure of Mixed Copper(II) Chelates", in N. Tanaka, H. Ohtaki, and R. Tamamushim, eds., *Ions and Molecules in Solution*, Elsevier, Amsterdam 1983, p. 251.
- V. Gutmann and G. Resch, *Monatsh. Chem.*, **119**, 1251 (1988).
- V. Gutmann and U. Mayer, *Monatsh. Chem.*, **100**, 2048 (1969).
- S. K. Yoo, Ph.D. Thesis, Hanyang University, (1992).
- (a) Y. Sakong, S. C. Kim, J. S. Kim, and B. S. Lee, *J. Korean Chem. Soc.*, **29**, 45 (1985); (b) Y. Sakong, S. C. Kim, J. S. Kim, and I. Lee, *Bull. Korean Chem. Soc.*, **11**, 99 (1990).
- I. Lee, B. S. Lee, I. S. Koo, and S. C. Sohn, *Bull. Korean Chem. Soc.*, **4**, 189 (1983).
- D. N. Kevill and M. S. Bahari, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 572 (1982).
- U. Mayer, W. Gerger, and V. Gutmann, *Monatsh. Chem.*, **108**, 489 (1977).
- S. C. Kim and M. O. Park, *J. Korean Chem. Soc.*, **32**, 249 (1988).