Journal of the Korean Chemical Society
2016, *Vol. 60, No. 1*
Printed in the Republic of Korea
http://dx.doi.org/10.5012/jkcs.2016.60.1.16

확장된 Gruwald-Winstein 식에 의한 Biphenyl-4-carbonyl chloride의 가용매분해 반응대한 연구

최호준 · 고한중† · 양기열 · 구인선*
경상대학교 화학교육학과
†전주교육대학교 과학교육과
(접수 2015. 11. 22; 게재확정 2015. 12. 7)

Studies of Solvolyses of Biphenyl-4-carbonyl Chloride by Extended Grunwald-Winstein Equation

Hojune Choi, Han Joong Koh†, Kiyull Yang, and In Sun Koo*
*Department of Chemistry Education and Research Instituted of Natural Science, Gyeongsang National University, Jinju, 52828, Korea. *E-mail: iskoo@gnu.ac.kr*
†Department of Science Education, Jeonju National University of Education, Jeonju, 55101, Korea
(Received November 22, 2015; Accepted December 7, 2015)

요 약. 이성분 혼합 용매계인 MeOH-H_2O, EtOH-H_2O, acetone-H_2O, TFE-H_2O에서 biphenyl-4-carbonyl chloride ($C_6H_5C_6H_4COCl$, **1**)의 가용매 분해반응을 25 °C에서 수행하였다. 이들 속도자료로부터 simple Gunwald-Winstein식을 사용하여 도시하였을 때 분산현상이 나타나는 것을 볼 수 있었다. 분산현상의 개선을 위해 친핵성도 N_T 및 방향족 고리 변수 I가 포함된 extended Gruwald-Winstein 식을 사용하여 도시하였다. 본 연구에서 구한 l, m, h 값 및 비교적 작은 양의 $\Delta H^‡$값(15.3~16.1 kcal/mol)과 비교적 큰 음의 $\Delta S^‡$ 값(−17.2~−20.0 cal/mol·K)의 활성화 파라메타 값으로부터 biphenyl-4-carbonyl chloride의 가용매 분해반응은 해리성 S_N2반응 메카니즘으로 진행됨이 예상되었다.

주제어: Biphenyl-4-carbonyl chloride, extended Grunwald-Winstein 식, 해리성 S_N2 반응

ABSTRACT. The solvolysis rate constants of biphenyl-4-carbonyl chloride ($C_6H_5C_6H_5COCl$, **1**) in 19 different solvents are well correlated with the extended Grunwald-Winstein equation, using the N_T solvent nucleophilicity scale, Y_{Cl} solvent ionizing scale, and I aromatic ring parameter with sensitivity values of 0.31±0.10, 0.46±0.05, and 0.96±0.20 for l, m, and h, respectively. These l, m, and h values can be considered to support a dissciative S_N2 reaction pathway. This interpretation is further supported by the activation parameters, i.e., relatively small positive $\Delta H^‡$ (15.3~16.1 kcal/mol) values and large negative $\Delta S^‡$ (−17.2~−20.0 cal/mol·K) values.

Key words: Biphenyl-4-carbonyl chloride, Extended Grunwald-Winstein equation, Dissociative S_N2 mechanism

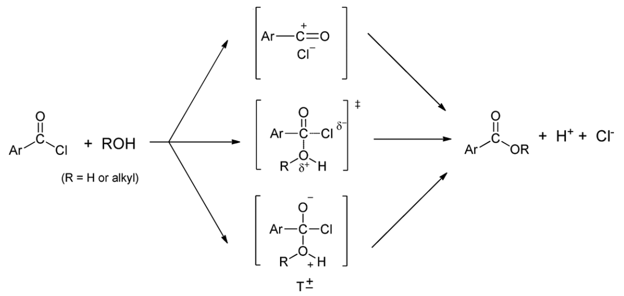
서 론

아실 치환 반응의 메카니즘에 관한 연구는 수 년 동안 이론적[1]으로 실험적[2]으로 광범위하게 이루어져 왔다. 할로겐화 아실 유도체의 반응 메카니즘은 반응 조건에 따라 S_N1 반응, S_N2 반응 또는 첨가-제거 반응으로 진행되는 것으로 알려져 있다 (*Scheme* 1).[3] 할로겐화 아실에 전자 주개 그룹이 있을 경우에는 S_N1반응 또는 S_N2-S_N1 반응 메커니즘이 유리하고,[4] 전자 받개 그룹이 있을 경우에는 S_N2 반응 또는 첨가-제거 반응이 유리하다.[5]

Simple Grunwld-Winstein 관계식 (1)은 이성분 혼합 용매계에의 가용매 분해반응에 대한 메카니즘을 해석하는데 유용하게 사용된다. 이 식에서 k는 주어진 반응 용매계에서의 가용매 분해반응에 대한 반응속도상수를 나타내며, k_0는 기준 용매계 (80% EtOH-H_2O)에서의 가용매 분해반응에 대한 반응속도상수를 나타낸다.[6] Y_{Cl}은 용매이온화력을 나타내며, m은 용매 이온화력의 감도이다.[6]

$$\log(k/k_0) = mY_{Cl} + c \tag{1}$$

일반적으로 일분자성 반응의 경우에는 분산현상이 나타나지 않지만 이분자 가용매 분해반응에서는 용매의 친핵성 효과 때문에 분산현상이 나타나게 된다.[7] 따라서 용매의 친핵성도(N_T)가 고려된 extended Gruwald-Winstein식 (2)을 사용하여 설명할 수 있다. l은 용매 친핵성도에 대한 감도이



Scheme **1.**

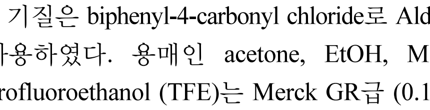
다.[8] 또한 방향족 고리에 π 전자가 포함되는 경우 분산현상이 커지는 현상이 나타나는 것으로 알려져 있다.[9] Kevill 등은 이러한 현상을 해결하기 위해서 extended Gruwald-Winstein 식에 방향족 고리 변수 *I*에 대한 항을 첨가하여 (3) 식을 제안하였고, 이 식에서 *h*는 방향족 고리 변수에 대한 감도이다.[9]

$$\log(k/k_0) = lN_T + mY_{Cl} + c \quad (2)$$

$$\log(k/k_0) = lN_T + mY_{Cl} + hI + c \quad (3)$$

특히, 염화 벤조일 유도체의 가용매 분해반응에 대한 연구에서 *p*-methoxybenzoyl chloride[4(a)]와 전자가 풍부한 염화 벤조일 유도체인 piperonyloyl chloride[4(b)]는 S_N1 반응 메카니즘으로 보고되었고, 전자 받게 그룹이 치환된 *p*-nitrobenzoyl chloride[5(a)]의 경우는 첨가-제거반응으로 알려져 있다. 염화벤조일 유도체에 전자 주개 그룹이 치환된 경우와 전자 받개 그룹이 치환된 경우에 대한 연구 결과가 많이 보고되었지만,[10] 방향족 화합물이 치환된 경우의 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 염화 벤조일에 방향족 화합물인 페닐기가 치환된 biphenyl-4-carbonyl chloride를 기질로 선정하였다.

본 연구에서는 기질 **1**의 가용매 분해반응에 대한 반응속도상수를 extended Gruwald-Winstein식에 적용시켜 분산현상의 원인을 살펴보고 메카니즘에 대한 더 많은 정보를 얻기 위하여 활성화 파라미터에도 대한 논의도 진행하였다.



1 (4)

시약

기질은 biphenyl-4-carbonyl chloride로 Aldrich 특급시약을 사용하였다. 용매인 acetone, EtOH, MeOH 및 2,2,2-tirofluoroethanol (TFE)는 Merck GR급 (0.1% H_2O)을 사용하였고, 물은 Human 사의 Pure Power 1+을 이용하여 3차 증류하여 사용 하였다.

반응 속도 측정

반응속도는 자체 제작한 전도도 측정 장치를 사용하여 이미 보고 된 방법으로 측정하였다.[11] 또한 2회의 실험을 수행하여 얻은 반응속도상수의 오차범위는 3% 이내였고, 활성화 파라미터를 구하기 위해서 25, 35, 및 45 °C에서 측정하였다. 실험의 재현성 및 일관성을 위하여 모든 자료는 개인용 컴퓨터로 처리하였다.

결과 및 고찰

이성분 혼합 용매계인 MeOH-H_2O, EtOH-H_2O, acetone-H_2O, TFE-H_2O 에서 기질 **1**의 가용매분해 반응을 25 °C에서 수행하였다. 기질 **1**의 가용매 분해 반응에 대한 반응속도상수, 용매의 친핵성도 N_T,[12] 용매 이온화력 Y_{Cl},[13] 그리고 방향족 고리 변수 I[9]를 *Table* 1에 나타내었다. 동일한 혼합 용매계에서 물의 함량이 증가함에 따라 반응속도가 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 90% acetone-H_2O (Y=–2.39), 90% EtOH-H_2O (Y=–0.94), 90% MeOH-H_2O (Y=–0.18), 90% TFE-H_2O (Y=2.85)[13]의 혼합 용매조성에서 Y_{Cl}값이 변함에 따라 k는 1.81×10^{-4} s^{-1}, 1.60×10^{-3} s^{-1}, 7.71×10^{-3} s^{-1}, 1.47×10^{-2} s^{-1}

***Table* 1.** Specific rates of solvolysis (k / s^{-1}) of biphenyl-4-carbonyl chloride (**1**)[a] in binary solvent mixtures at 25 °C

Solvent (%)[b]	N_T[c]	Y_{Cl}[d]	I[e]	k_{obs}
100 EtOH	0.37	−2.52	0.20	6.82×10^{-4}
90EtOH	0.16	−0.94		1.60×10^{-3}
80 EtOH	0.00	0.00	0.00	2.93×10^{-3}
70EtOH	−0.20	0.78		4.83×10^{-3}
60 EtOH	−0.39	1.38	−0.15	8.55×10^{-3}
50 EtOH	−0.58	2.02		1.93×10^{-2}
40 EtOH	−0.74	2.75	−0.24	5.35×10^{-2}
100 MeOH	0.17	−1.17	0.41	4.30×10^{-3}
90 MeOH	−0.01	−0.18		7.71×10^{-3}
80 MeOH	−0.06	0.67	0.14	1.33×10^{-2}
70 MeOH	−0.40	1.46		2.32×10^{-2}
90Acetone	−0.35	−2.39	−0.25	1.81×10^{-4}
80 Acetone	−0.37	−0.83	−0.23	5.22×10^{-4}
70 Acetone	−0.42	−0.17	−0.29	1.16×10^{-3}
60 Acetone	−0.52	0.95	−0.28	2.93×10^{-3}
50 Acetone	−0.70	1.73		1.14×10^{-2}
97 TFE[f]	−3.30	2.83	0.49	8.51×10^{-3}
90 TFE[f]	−2.55	2.85	0.47	1.47×10^{-2}
70 TFE[f]	−1.98	2.96	0.25	4.14×10^{-2}

[a]A 1.0 mol dm^{-3} solution of the substrate in the indicated solvent, containing 0.1% CH_3CN. [b]Unless otherwise indicated, on a volume/volume basis at 25.0 °C, with the other component being water. [c]From ref. 12. [d]From ref. 13. [e]From ref. 9. [f]Solvent prepared on a weight-weight basis at 25.0 °C, with the other component being water.

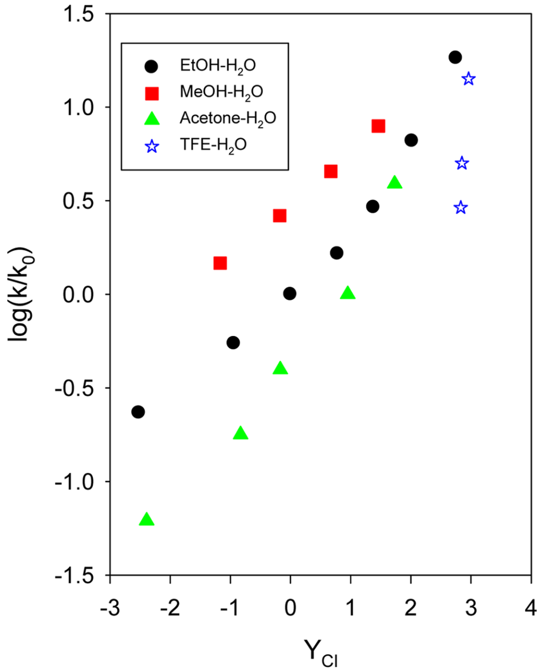


***Figure* 1.** The plot of log(k/k_0) for solvolyses of biphenyl-4-carbonyl chloride against Y_{Cl} at 25 °C.

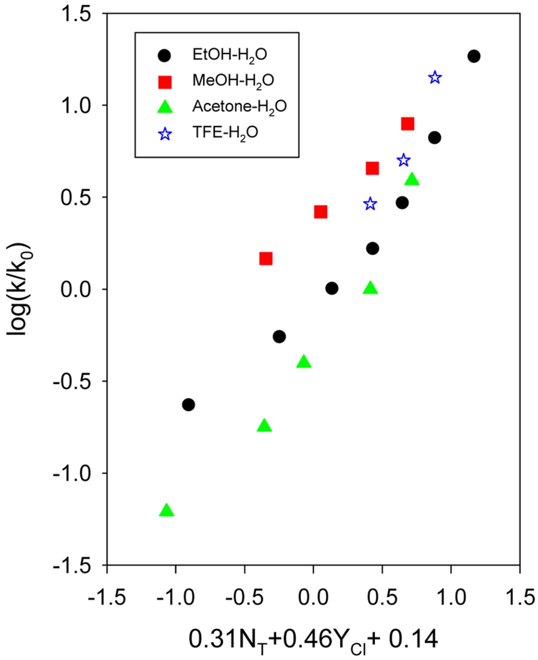


***Figure* 2.** The plot of log(k/k_0) for solvolyses of biphenyl-4-carbonyl chloride against 0.31N_T + 0.46 Y_{Cl} + 0.14 at 25 °C (r =0.845).

으로 81배 변하였다. 이와 같이 용매이온화력이 커질수록 반응속도가 증가한다는 것은 기질 **1**의 가용매 분해반응은 전이상태에서 기질과 이탈기 간의 결합 이탈이 중요하다는 것을 시사한다.

Table 1의 반응 속도 자료를 이용하여 simple Grunwald-Winstein 식 (1)을 적용하여 도시하면 *Fig.* 1과 같이 나타났 다. 용매의 종류별로는 직선성을 보이나 전체적으로는 분산이 크게 나타나는 현상을 볼 수 있다. 이는 본 연구의 가용매 분해반응은 이탈기-용매 간의 상호작용(electrophilic assistance) 뿐만 아니라 용매 기질간의 상호작용(nucleophilic assistance)도 동시에 고려해야 한다는 것을 의미한다.

기질과 용매간의 상호작용을 고려한 extended Grunwald-Winstein 관계식 (2)을 반응속도 자료를 이용하여 도시하였다(*Fig.* 2). 지금까지 보고된 자료에 의하면 S_N1 반응에서는 l≈0, m≈1 이며, S_N2 반응에서는 l≈1.0, m=0.5이며, 첨가-제거 반응은 l≈1.5, m=0.6으로 알려져 있다.[11,14] extended Grunwald-Winstein 관계식을 사용하여 분석한 결과 친핵성도 감도 l값은 0.31±0.10, 용매 이온화력 감도 m값은 0.46±0.05, c값은 0.13±0.05 상관계수 R=0.845로 분산이 개선된 것 볼 수 있다. 기질 **1**의 가용매분해반응의 m과 l값은 S_N1 반응으로 알려진 *Table* 2의 2~5번째 기질의 m과 l값과 유사하고, S_N2 반응으로 알려진 *Table* 2의 6~10번째 기질의 m과 l값과는 차이가 많이 난다. 이러한 것들로부터 기질 **1**의 가용매 분해반응은 해리성 S_N2 반응 메카니즘으로 진행

***Table* 2.** Coefficients from the extended Grunwald-Winstein correlations of the specific rates for the solvolysis of **1** at 25.0 °C and a comparison with coefficients from the correlations for other substrates

Substrate	n[a]	l[b]	m[b]	l/m	R[c]
2-AdOCOCl[d]	19	~0	0.47±0.03	~0	0.970
C_6H_5CH=$CHCH_2Cl$[e]	23	0.23±0.07	0.88±0.04	0.26	0.992
p-$CH_3OC_6H_4COCl$[f]	37	0.31±0.05	0.81±0.02	0.38	0.941
i-PrOCOCl[g]	20	0.28±0.05	0.52±0.03	0.54	0.979
EtSCOCl[h]	19	0.66±0.08	0.93±0.03	0.71	0.982
C_6H_5S(C=S)Cl[i]	20	0.69±0.05	0.95±0.03	0.72	0.987
$(CH_3)_2NSO_2Cl$[j]	32	1.20±0.04	0.72±0.03	1.7	0.985
CH_3SO_2Cl[k]	43	1.20±0.05	0.52±0.03	2.3	0.969
$(CH_3O)_2PSCl$[l]	28	1.16±0.08	0.55±0.03	2.1	0.966
CH_3OCOCl[m]	19	1.59±0.09	0.58±0.05	2.7	0.977
C_6H_5OCOCl[n]	21	1.68±0.10	0.57±0.06	3.0	0.973
1[o]	19	0.31±0.10	0.46±0.05	0.67	0.845

[a]Number of solvents. [b]From equation (2) and with associated standard error. [c]Multiple correlation coefficient. [d]Reference 14(c). [e]Reference 15. [f]Reference 4(a). [g]Reference 16. [h]Reference 17. [i]Reference 18. [j]Reference 19. [k]Reference 19. [l]Reference 19. [m]Reference 19. [n]Reference 9(c). [o]This work.

됨으로 예상해볼 수 있다. m (=0.46)값이 l (=0.31)값보다 더 큰 것으로 보아 전이상태에서 결합 이탈이 더 진전 됨을 예상할 수 있다.

Extended Gruwald-Winstein 식에서 방향족 고리 변수 항 I가 추가된 식 (3)을 사용하여 도시 하였을 때 분산현상이

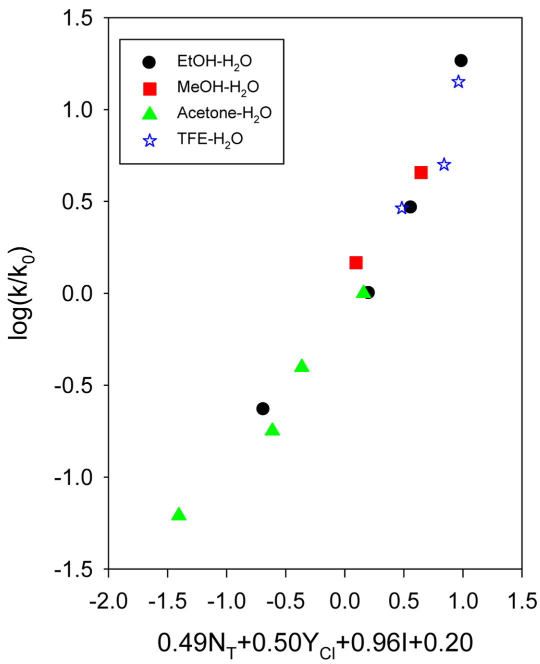


***Figure* 3.** The plot of log(k/k_0) for solvolyses of biphenyl-4-carbonyl chloride against $0.49N_T + 0.50Y_{Cl} + 0.96I + 0.20$ at 25 °C (r =0.959).

더 많이 개선된 것을 볼 수 있다 (h=0.96±0.20, R=0.959). 이러한 사실들로부터 기질 **1**의 가용매 분해반응에서 용매 친핵성도 변수와 방향족 고리 변수가 중요하다는 것을 알 수 있고 분산현상의 원인은 용매 친핵성도와 방향족 고리의 π 전자와 반응중심의 비편재화 효과로 설명할 수 있다.

97% TFE-H_2O와 40% EtOH-H_2O는 혼합 용매에서의 반응속도 상수의 비는 반응 메카니즘을 예측 가능하게 한다.[12(b),19] 97% TFE-H_2O와 40% EtOH-H_2O 혼합 용매는 용매 이온화력은 거의 비슷하지만 용매의 친핵성도 값은 큰 차이를 보인다. 용매 이온화력이 영향을 많이 주는 S_N1 또는 S_N2-S_N1 반응 메카니즘의 경우는 두 혼합 용매에서의 반응 속도가 비슷하게 나타날 것이며, 용매의 친핵성도가 영향을 많이 주는 S_N2 또는 첨가-제거 반응 메커니즘의 경우에는 두 혼합 용매에서의 반응속도가 크게 차이 날 것이다. 기질 **1**의 $k_{40EW/k97TFE}$ 값은 6.3이고 m 값이 0.46인 것으로 보아 S_N2 또는 첨가-제거 반응 메커니즘 보다는 전이상태에서 결합 이탈이 크게 진전된 해리성 S_N2 반응 메카니즘으로 진행될 것으로 추측해 볼 수 있다.

활성화파라메타 $\Delta H^‡$는 비교적 작은 양의 값을 가지며 (15.3~16.1 kcal/mol), $\Delta S^‡$는 비교적 큰 음의 값 (−17.2~−20.0 cal/mol·K)을 보여주는 것 (*Table* 3)으로 보아 본 반응은 이분자성 반응으로 진행될 것으로 예상해 볼 수 있다.

***Table* 3.** Specific rates of solvolysis (k / s^{-1}) for biphenyl-4-carbonyl chloride and activation parameters

Solvent (%)[a]	T (°C)	k (s^{-1})	$\Delta H^{\neq}$ (kcal/mol)	$-\Delta S^{\neq}$ (cal/mol·K)
100 EtOH	25	6.82×10^{-4}	15.3±1.0	20.0±3.3
	35	1.78×10^{-3}		
	45	3.67×10^{-3}		
90 EtOH	25	1.60×10^{-3}	16.1±1.3	17.2±4.5
	35	4.51×10^{-3}		
	45	9.39×10^{-3}		
70 Acetone	25	1.16×10^{-3}	16.1±0.3	17.4±1.0
	35	2.81×10^{-3}		
	45	6.79×10^{-3}		

[a]On a volume-volume basis.

결 론

Extended Gruwald-Winstein 식을 사용하여 구한 l값은 0.31이고 m 값은 0.46이다. *Table* 2의 위에서 2~5번째의 기질의 l과 m 값과 유사한 것으로 보아 해리성 S_N2반응 메카니즘으로 진행 될 것으로 예상해 볼 수 있다. l 값 (=0.31) 보다 m 값 (=0.46)이 더 큰 것으로 보아 전이상태에서 결합 이탈이 더 진전된 반응으로 진행됨을 예상해 볼 수 있다. 활성화 파라메타 값인 $\Delta H^‡$는 비교적 작은 양의 값을 가지며 (15.3~16.1 kcal/mol), $\Delta S^‡$는 비교적 큰 음의 값 (−17.2~−20.0 cal/mol·K)으로부터 본 연구의 반응이 이분자성 S_N2 반응임을 뒷받침 해준다.

Acknowledgments. This work was supported by the Gyeongsang National University Fund for Professors on Sabbatical Leave, 2015.

REFERENCES

1. (a) Castro, E. A.; Ibanez, F.; Salas, M.; Santos, J. G. *J. Org. Chem.* **1991**, *56*, 4819. (b) Chrystiuk, E.; Williams, A. *J. Am. Chem. Soc.* **1987**, *109*, 3040. (c) Castro, E. A.; Salas, M.; Santos, J. G. *J. Org. Chem.* **1994**, *59*, 30.
2. (a) Baer, S.; Brinkman, E. A.; Brauman, J. I. *J. Am. Chem. Soc.* **1991**, *113*, 805. (b) Williams, A. *Chem. Soc. Rev.* **1994**, *23*, 93. (c) Blake, J. F.; Jorgensen, W. L. *J. Am. Chem. Soc.* **1987**, *109*, 3856. (d) Kevill. D. N. "The Chemistry of Acyl Halide", ed, S. Patai, Interscience, New York, **1973**, Ch. 12. (e) Queen, A. *Can. J. Chem.* **1967**, *45*, 1619.
3. Song, B. D.; Jencks, W. P. *J. Am. Chem. Soc.* **1989**, *111*, 8470.
4. (a) Bentley, T. W.; Koo, I. S.; Norman, S. J. *J. Org. Chem.* **1991**, *56*, 1604. (b) Oh, H.; Choi, H.; Park, J. K.; Yang,

K.; Koo, I. S. *Bull. Korean Chem. Soc.* **2013**, *34*, 2697.
5. (a) Kevill, D. N.; D'Souza, M. J. *J. Phys. Org. Chem.* **2002**, *15*, 881. (b) Choi, H. J.; Koh, H. J.; Yang, K.; Koo, I. S. *Bull. Korean Chem. Soc.* **2012**, *33*, 3293.
6. (a) Grunwald, E.; Winstein, S. *J. Am. Chem. Soc.* **1948**, *70*, 846. (b) Winstein, S.; Grunwald, E.; Jones, H. W. *J. Am. Chem. Soc.* **1951**, *73*, 2700.
7. Bentley, T. W.; Carter, G. E. *J. Am. Chem. Soc.* **1982**, *104*, 5741.
8. Kevill, D. N.; Anderson, S. W. *J. Org. Chem.* **1991**, *56*, 1845.
9. (a) Kevill, D. N.; Ismail, NHJ.; D'Souza, M. J. *J. Org. Chem. Soc.* **1994**, *59*, 6303. (b) Kevill, D. N.; D'Souza, M. J. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2* **1995**, 973. (c) Kevill, D. N.; D'Souza, M. J. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2* **1997**, 257.
10. (a) Shpanko, I. V.; Titsku, G. D.; Litvinenko, L. M.; Eremeev, M. A. *Reakts. Sposobon. Org. Soedin*. **1973**, *10*, 187. (b) Litvinenko, L.M.; Shpanko, I. V.; Korostylev, A. P. *Zh. Org. Khim*. **1981**, *17*, 972. (c) Shpanko, I. V. *Mendeleev Commun.* **1991**, 119. (d) Rogne, O. *J. Chem. Soc., Prekin Trans. 2* **1975**, 1486. (e) Lee, I.; Shim, C. S.; Chung, S. Y.; Kim, H. Y.; Lee, H. W. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2* **1988**, 1919. (f) Lee, I; Koh, H. J.; Lee, B. C. *J. Phys. Org. Chem*. **1994**, *7*, 50. (g) Song, B. D.; Jencks, W. P. *J. Am. Chem. Soc*. **1989**, *111*, 8479.
11. Koh, H. J.; Kang, S. J.; Kevill, D. N. *Bull. Korean Chem. Soc.* **2009**, *30*, 383.
12. (a) T. W. Bentley.; P. v. R. Schleyer. *J. Am. Chem. Soc.* **1976**, *98*, 7658. (b) T. W. Bentley.; G. Llewellyn. *Prog. Phys. Org. Chem*. **1990**, *17*, 121.
13. D. N. Kevill. *in Advances in Quantitative Structure-Property Relationships*; Charton, M., ed.; JAI Press: Greenwich, CT, **1996**, *1*, 81-115.
14. Koo, I. S.; Bentley, T. W.; Kang, D. H.; Lee, I. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2.* **1991**, 296. (b) Kevill, D. N.; D'Souza, M. J. *J. Chem. Res. Synop.* **1993**, 174. (c) Kyong, J. B.; Yoo, J. S.; Kevill, D. N. *J. Org. Chem.* **2003**, *68*, 3425.
15. Koo, I. S.; An, S. K.; Yang, K.; Lee, I.; Bentley, T. W. *J. Phys. Org. Chem.* **2002**, *15*, 758.
16. (a) Kyong, J. B.; Kim, Y. G.; Kim, D. K.; Kevill, D. N. *Bull. Korean Chem. Soc*. **2000**, *21*, 662. (b) D'Souza, M. J.; Reed, D. N.; Erdman, K. J.; Kevill, D. N. *Int, J. Mol. Sci*. **2009**, *10*, 862.
17. Kevill, D. N.; D'Souza, M. J. *J. Org. Chem.* **1998**, *63*, 2120
18. (a) Koo, I. S.; Yang, K.; An, S. K.; Lee, C.-K.; Lee, I. *Bull. Korean Chem. Soc.* **2000**, *21*, 1011. (b) Kevill, D. N.; Ryu, Z. H.; Niedermeyer, M. A. Koyoshi, F.; D'Souza, M. J. *J. Phys. Org. Chem.* **2007**, *20*, 431.
19. (a) Kevill, D. N.; Carver, J. S. *Org. Biomol. Chem*. **2004**, *2*, 2040. (b) Kevill, D. N.; Kim, J. C.; Kyong, J. B. *J. Chem. Res. Synop*. **1999**, *2*, 150.