

자기마당에서 물의 운동상태변화에 대한 연구

최창호, 리경수, 최은화

위대한 수령 김일성 동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《선진과학기술을 받아들이는데서 주체를 철저히 세워야 합니다.》(《김일성전집》 제68권 92페이지)

선행연구들[1-4]에서는 물의 자화처리에 대한 연구를 진행하고 그 물립새들도 여러가지의 모형으로 밝혔다.

이 논문에서는 자기마당속에서 물의 운동상태변화와 그 물립새를 적외선스펙트르를 통하여 연구하였다.

물이 자기마당안에 들어있을 때 그것의 물리적상태는 달라진다. 자연수와 자기마당 $H=112\text{kA/m}$ 일 때 처리한 자화수의 적외선스펙트르는 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는바와 같이 물분자의 변각진동에 대응하는 $1\,640\text{cm}^{-1}$ 근방의 흡수띠는 자기마당의 작용결과 5.62cm^{-1} 만큼 증가하고 726cm^{-1} 근방의 흡수띠는 16.87cm^{-1} 만큼 감소하였다. 이 값을 에너지로 환산하면 각각 $6.948 \cdot 10^{-4}$, $2.085 \cdot 10^{-3}\text{eV}$ 이다.

물분자들의 회전운동에너지가 $10^{-3} \sim 10^{-5}\text{eV}$ 근방에 있다는것을 고려하면 적외선스펙트르의 변각진동대역흡수띠의 변화는 물분자회전진동의 려기와 관련된다는것을 알수 있다.

물분자들이 자기마당과의 호상작용결과 변각진동수의 변화가 한방향으로 일어나지 않고 서로 반대방향으로 일어나는 원인은 다음과 같다.

개별적인 물분자에서 2개의 수소원자는 각각 산소원자와 공유결합을 이루고있다.

산소원자의 sp^2 비등가혼성화 ($1s^2 2s 2p_x^2 2p_y 2p_z^2$)의 결과 이루어진 물분자의 공유결합은 두쌍의 전자들이 각각 산소핵과 수소핵둘레로 자기의 분자궤도를 따라 돌아가기때문에 생긴다. 따라서 외부섭동이 없을 때 매 분자궤도에 배치된 전자들의 전궤도각운동량과 전스핀각운동량은 령이며 그 어떤 자기모멘트도 가지지 않는다. 그러나 외부섭동으로서 자기마당 B_0 이 작용하면 전자들의 분포가 달라져 자기량자수 m 에 따르는 축퇴가 풀리면서 반자성자기모멘트가 생긴다.

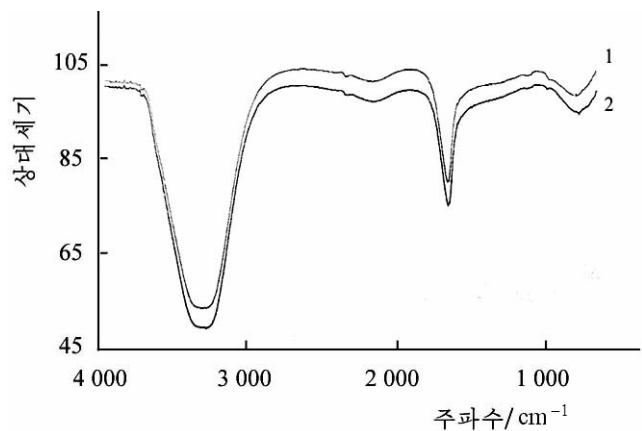


그림 1. 자연수(1)와 자화수(2)의 적외선스펙트르

분자궤도에 있는 두 전자는 서로 반대방향으로 회전하므로 자기마당속에서 받게 되는 로렌츠힘도 반대방향 즉 $\mathbf{n} \parallel \mathbf{B}_0$ (\mathbf{n} - 분자궤도면의 법선방향단위벡터)일 때 r 및 $-r$ 방향으로 향하게 되기때문에 분자궤도에 의한 반자성전류 $i_{\text{반}} = -ev(r_+ - r_-)/2 \neq 0$ 가 생긴다.

따라서 $i_{\text{반}}$ 에 의한 반자성모멘트 $\mu_{\text{반}} = -\frac{e}{2m}[(r_- - r_+) \times mV] = \mu_+ + \mu_- \neq 0$ 도 생긴다.

반자성모멘트는 산소원자의 $1s^2$, $2p_z^2$, $2p_y^2$ 궤도에서도 생긴다. 그러나 이것은 분자의 회전운동과는 무관계하므로 연구하지 않는다.

한편 외부자기마당 \mathbf{B}_0 에 의하여 생긴 반자성자기모멘트 $\mu_{\text{반}}$ 은 자기마당 \mathbf{B}_0 과의 호상작용에 의하여 외부자기마당 \mathbf{B}_0 주위로 세차운동하게 된다.

$$\frac{d\mu_{\text{반}}}{dt} = [\mu_{\text{반}} \times \mathbf{B}_0] \quad (1)$$

반자성자기모멘트가 분자궤도의 법선방향과 반평행이면서 분자궤도에 고정되어있으므로 결국 외부자기마당 \mathbf{B}_0 주위로 분자전체로서의 회전이 일어나게 된다. 물론 이것은 두 쌍의 공유전자쌍에 대응하는 분자궤도면이 평행인 때이다. 매개 공유전자쌍분자궤도면법선의 세차운동결과 물분자에서 결합각과 원자사이의 결합길어도 변할수 있다. 물분자의 결합상태에서의 변화는 곧 분자의 진동수에 반영된다.

물분자의 스펙트르는 진동 및 회전만 고려하는 경우(우리의 경우 물분자의 변각진동 흡수띠의 중심파수가 1640cm^{-1} 및 726cm^{-1} 근방에 있으므로 그것에 대응한 에너지는 $0.28, 0.9 \cdot 10^{-1}\text{eV}$ 로서 진동 및 회전진동스펙트르대역에 있다.) 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \nu &= \nu_0 \pm \nu_{\text{회전}} \\ \nu_0 &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\tilde{m}}} \pm \frac{\hbar}{I} \ell \\ \frac{1}{\tilde{m}} &= \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 ν_0 은 변각진동의 진동수이고 $\nu_{\text{회전}}$ 은 회전진동수이다. 또한 m_1, m_2 는 각각 두 수소원자들의 질량, k 는 그들사이 결합의 준탄성력결수, I 는 회전축에 대한 회전진동계의 관성모멘트로서 $I = \tilde{m}d^2$ 이며 d 는 두 원자사이의 거리이다.

먼저 \hbar/I 의 크기를 평가해보자.

그림 2에 물분자면모형을 보여주었다.

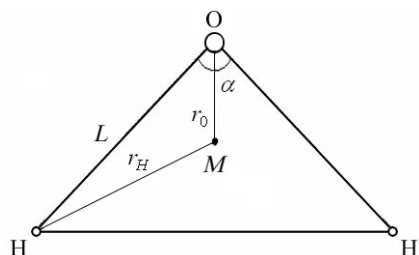


그림 2. 물분자면모형

회전축이 물분자면에 수직이면서 질량중심 M 을 지난다고 할 때 회전축에 대한 관성모멘트 I 는 다음과 같다.

$$I = 2m_H r_H^2 + m_O r_0^2 \quad (3)$$

이제 $r_0 = 2m_H L \cos \frac{\alpha}{2} / (m_O + 2m_H)$ 임을 고려하면 관성모멘트 I 는 다음과 같다.

$$I = \frac{2m_H L^2 (m_0 + m_H - m_H \cos \alpha)}{m_0 + 2m_H} \quad (4)$$

한편 분자전체가 자기마당 \mathbf{B}_0 주위로 세차운동하는 경우를 고려하여 \mathbf{B}_0 방향축에 대한 관성모멘트 I_B 를 구하면 다음과 같다.

$$I_B = m_0 r_0 [1 - \cos^2(\varphi + \beta) \sin^2 \theta] + m_h r_H^2 \{2 - \sin^2 \theta [\cos^2(\alpha - \beta) + \cos^2 \varphi]\} \quad (5)$$

여기서 θ 는 \mathbf{B}_0 과 \mathbf{n} 사이의 각, β 는 \mathbf{B}_0 과 \mathbf{r}_H 사이의 각, φ 는 \mathbf{r}_H 와 $\mathbf{B}_0 \sin \beta$ 사이의 각이다.

또한 I_B 의 평균값은 다음과 같다.

$$\bar{I}_B = \int I_B e^{-E_B / K_B T} d\Omega / \int e^{-E_B / K_B T} d\Omega \quad (6)$$

이제 $E_B = -(\rho_{\text{반}} \mathbf{B}_0)$, $T \cong 300\text{K}$, $\mathbf{B}_0 = 0.14\text{T}$ 임을 고려하면 $\bar{I}_B \cong \frac{2}{3} I_i$ 이며 여기에 $L \cong 0.095\text{nm}$, $\alpha \cong 105^\circ$ 까지 고려하면 $t_1^2 / I_B \cong 3.639 \cdot 10^{-3} \text{eV}$ 이다. 따라서 회전준위사이의 간격은 $\angle E \ell l = \hbar^2 \ell l / I_B$ 와 같다. 그러나 우리의 실험에서 회전준위의 려기와 관련된 에너기는 $\hbar^2 \ell l / I_B = 6.948 \cdot 10^{-4} \text{eV}$ 로서 계산값의 18.1%밖에 안된다.

그 원인은 다음과 같이 해석할수 있다.

지금까지 우리는 고립물분자하나를 연구하였다. 그런데 물분자들은 수소결합에 의하여 그리고 쌍극자들의 정전기적호상작용에 의하여 회합상태를 이룬다. 따라서 자기마당으로부터 개별적인 물분자에 전달된 에너지는 반자성자화에 소모된 에너지와 세차운동의 에너지와 수소결합을 통하여 이웃분자들로 완화되는 에너지로 나누어진다. 즉 $E_B = E_{\text{반}} + E_{\text{세}}$ 이다. 여기서 $dE_{\text{세}} / dt = -E_{\text{세}} / T$ 가 성립하는데 T 는 에너지완화시간으로서 분자들의 회합정도에 관계된다. 이때 완화되는 에너지의 쌓임이 수소결합에너지와 비교되면 수소결합이 끊어진다. 이런 사실을 리용한다면 물분자의 회합도를 평가할수 있다.

다음 2개의 변각진동의 경우 회전운동에 의하여 흡수극대가 서로 반대방향으로 변위되는것은 선택규칙 $\Delta \ell l = \pm 1$ 에 따라 생기는 k 가지와 p 가지의 발생물림새로 설명할수 있다. 그리고 $\tilde{\nu} \cong 1640\text{cm}^{-1}$ 근방의 흡수띠가 $5.62\text{cm}^{-1} (6.948 \cdot 10^{-4} \text{eV})$ 만큼, $\tilde{\nu} = 728\text{cm}^{-1}$ 근방의 흡수띠가 $16.87\text{cm}^{-1} (2.085 \cdot 10^{-3} \text{eV})$ 변위된것은 $\Delta E \ell = 6.948 \cdot 10^{-4}$, $\Delta E_2 = 2.085 \cdot 10^{-3} \text{eV} = 6.948 \cdot 10^{-4} \cdot \ell_2$ 을 리용하여 낮은 진동수대역에서는 $\ell_2 = 3(\ell_1 = 1)$ 회전준위가 려기된것으로 해석할수 있다.

맺 는 말

1) 자기마당속에서 물분자의 변각진동에 대응하는 흡수띠가 진동수에 따라 우로 혹은 아래로 변위된다.

이 변위는 자기마당에 의한 물분자의 반자성자화에 의하여 생긴 반자성자기모멘트가 자기마당주위로 세차운동하는것과 관련된 물분자의 회전운동의 려기때문이다.

2) 리론적으로 계산한 회전운동에너지와 실험결과를 비교분석하여 물의 회합정도와 회전운동에너지의 완화과정해명의 가능성을 밝혔다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성 종합대학학보(자연 과학), 44, 11, 33, 주체 87(1998).
- [2] 김일성 종합대학학보(자연 과학), 48, 12, 35, 주체 91(2002).
- [3] 김일성 종합대학학보(자연 과학), 48, 5, 43, 주체 91(2002).
- [4] 최창호 등; 물리, 4, 12, 주체 93(2004).

주체 104(2015)년 6월 5일 원고접수

On Change of Motion State of Water in a Magnetic Field

Choe Chang Ho, Ri Kyong Su and Choe Un Hwa

The interaction character of water with a magnetic field using an infrared spectrum is considered. Diamagnetic moment made in a water molecule due to a magnetic field does precession around the direction of the magnetic field and rotary motion energy of it is exited. Therefore, degree of association of water is reduced.

Key words: magnetic field, infrared spectrum