

4P021

Yb₂ 分子のポテンシャルエネルギーと振動準位の研究

(分子科学研究所, 京都大学*) ○山中孝弥, 川畑 愛*, 鹿取俊治*, 国重沙知*, 馬場正昭*, 高須洋介*, 高橋義朗*

Potential Energy and Vibrational Levels of the Yb₂ Molecule

(Institute for Molecular Science*, Kyoto Univ.) ○Takaya Yamanaka*, Megumi Kawabata, Toshiharu Katori, Sachi Kunishige, Masaaki Baba, Yosuke Takasu, Yoshiro Takahashi*

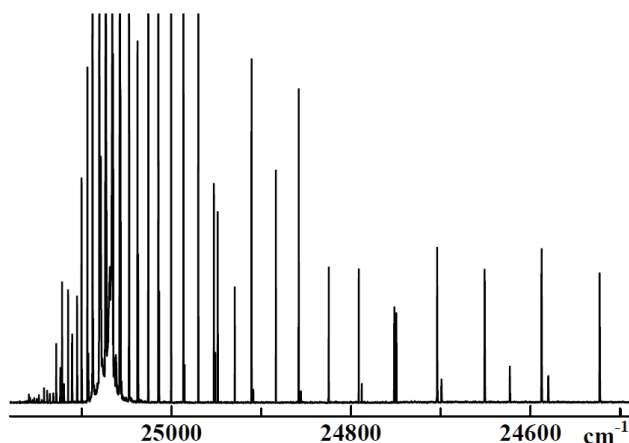
【序論】

極低温原子トラップ法の急速な発展により、近年極めて精密な原子分光が可能となり、ランタニドのアルカリ土類である Yb 原子についても、ボーズ-アインシュタイン凝縮や光会合の高度な実験が報告されている[1,2]。二波長レーザー光会合の実験によって、Yb₂ 分子の基底状態の解離限界付近のエネルギー準位は各質量同位体ごとに極めて高精度に求められているが、平衡点近傍（振動量子数の小さい領域）については知見が全くない。そこで我々は、Yb₂ 分子線と波長可変ナノ秒パルスレーザーを用いて、広い波長領域にわたる分光実験を行った。ここでは、その結果と理論的な予測を比較しながら、特に基底状態のポテンシャルエネルギー曲線と振動準位エネルギーについて議論する。

【実験】

Yb 金属固体をステンレスオーブンの中で約700℃に加熱し、その蒸気と He との混合気体を直径1mm のノズルから噴出して、Yb₂ 分子線を生成した。それと垂直にナノ秒パルス色素レーザー (Lambda Physik LPD3000, $\Delta E=0.1 \text{ cm}^{-1}$) の光を交差させ、励起分子からのけい光をレンズで集光して光電子増倍管で検出した。ボックスカー積分器でけい光強度の信号を出力し、レーザー光波長によるその変化をけい光励起スペクトルとして記録した。分散けい光スペクトルは、レーザー光の波長を特定の振電バンドの遷移波長に固定し、掃引型の分光器 (Nikon P250) を用いて測定した。

図1. Yb₂ 0_u⁺ ← 0_g⁺ のけい光励起スペクトル



【結果と考察】

図 I は、 $\text{Yb}_2 0_u^+ \leftarrow 0_g^+$ (399nm バンド) のけい光励起スペクトルである。振動量子数の帰属はまだできていないが、 $\text{Yb}(^1P_1) + \text{Yb}(^1S_0)$ に収束する規則正しいプログレッションが観測された。 Yb はアルカリ土類原子なので、 Yb_2 分子の基底状態 0_g^+ での結合エネルギーは小さくて 1000 cm^{-1} 程度であると予測される。逆に、 0_u^+ 状態での結合エネルギーは大きいと考えられるが、ともにポテンシャルエネルギーは全く決められていない。そこでまず、基底状態の振動エネルギー準位を明らかにするために、いくつかの振電バンドにレーザー光波長を合わせ、分散けい光スペクトルを測定した。その結果が図 II であるが、そこで観測されたバンドの間隔から、 ω_e は 50 cm^{-1} 、結合エネルギーはおよそ 1200 cm^{-1} であることが示された。

Ca_2 , Sr_2 , Ba_2 などのアルカリ土類の二原子分子については、広い波長領域で振動、回転準位のエネルギーを高い精度で測定し、ポテンシャルエネルギー曲線を核間距離の短いところから解離限界付近まで正確に決定する研究が数多く報告されている。ここでは、ボルン-オッペンハイマー近似の破れの項、原子波動関数の重なり起因する項などが推定されており、質量数の大きい Yb_2 で同じような解析ができれば、それらの正当性も検証することができる。さらには、重力の効果について知見が得られる可能性もあり、理論計算も含めて、さらに詳細な探求を進めていきたいと考えている。

References

- [1] Y. Takasu, K. Komori, K. Honda, M. Kumakura, T. Yabuzaki, and Y. Takahashi, *Phys. Rev. Lett.* **93**, 123202/1-4 (2004).
- [2] B. Borkowski, R. Ciurylo, P. S. Julienne, S. Tojo, K. Enomoto, and Y. Takahashi, *Phys. Rev. A* **80**, 012715/1-14 (2009).

図 II. Yb_2 の分散けい光スペクトル

