

400–450 nm における PbO の $\Omega=1$ 状態の高分解能分光

(富山大理) ○榎本勝成

High-resolution spectroscopy of $\Omega=1$ states of PbO in 400–450 nm

(Univ. of Toyama) Katsunari Enomoto

PbO has attracted attention for the measurement of the permanent electric dipole moment of the electron [1]. The a_1, B_1, C_1 states are located in the visible range, and one more $\Omega=1$ state has been predicted to exist from quantum chemical calculations [2].

We performed accurate laser spectroscopy for cold PbO molecules in 400–450 nm. The cold molecules were produced with laser ablation and buffer-gas cooling. Blue diode lasers with the Littrow configuration were used for excitation. The laser frequency was determined with an ultralow expansion etalon. The typical uncertainty of the measured resonance frequency was 0.001 cm^{-1} .

Compared with the $\Omega=0$ states we have measured before [3], perturbations were observed for many vibrational states of the $\Omega=1$ states. They emerge as unnatural values of D' for low- J' states. Most of the observed perturbations are homogeneous, and are expected to be due to the spin-orbit interaction.

In addition to the a_1, B_1, C_1 states, we found another $\Omega=1$ state. This vibrational progression is connected to the progression reported in Ref. [4], which have been assigned to the b_0^- state so far. The newly found progression has P, Q, R-branches, and thus is not an $\Omega=0$ state. From these facts, the electronic state assigned to the b_0^- state so far is, in reality, an $\Omega=1$ state, and this state is the missing one pointed out from the quantum chemical calculations. Therefore, we suggest relabeling of this state from b_0^- to b_1 .

The hyperfine structure coefficient we measured (Fig. 1) implies that the properties of the a_1 and b_1 states are exchanged gradually. The cause of this behavior will be discussed in this talk.

PbO の $\Omega=1$ の電子励起状態は、電子の永久電気双極子モーメントの測定の面で興味を持たれている[1]。可視領域にある $\Omega=1$ の電子励起状態としては a_1, B_1, C_1 状態があるが、量子化学計算ではさらにもう 1 つの状態があることが予測されている[2]。

本研究では低温 PbO 分子について高精度なレーザー分光を行い、400–450 nm の波長領域にある励起スペクトルを測定した。低温分子の生成はレーザーアブレーション法とヘリウムバッファガス冷却法で行い、分子生成を行う金属セルの内部でレーザー誘起蛍光を観測した。励起用レーザーには青色半導体レーザーを用い、Littrow 配置の外部共振器により波長可変にしている。半導体レーザーは 10 種類程度を用意し、波長帯に応じて交換して使用した。レーザー周波数は既知の原子線で較正された超低膨張エタロンを用いて測定し、およそ 0.001 cm^{-1} の精度で分子の共鳴周波数を決定した。

以前に測定した $\Omega=0$ の状態に比べ[3]、 $\Omega=1$ の状態は状態間相互作用が強く、様々なところで摂動が見られた。これは低い回転状態においては、遠心力歪み定数 D' の不自然な値として表れた。ほとんどの摂動については、隣接する 2 つの電子振動状態間の homogeneous 相互作用で説明でき、スピン-軌道相互作用によるものと考えられる。

本測定では、既知の a1, B1, C'1 状態に加え、新たな $\Omega=1$ の状態を観測することができた。過去の文献と比較すると [4]、この状態は従来 b0 状態として考えられていた系列につながる。本測定において、P, Q, R 分枝が全て観測されているので、これは $\Omega=0$ の状態ではない。このことから、過去の低分解能分光で暫定的にアサインされていた b0 状態は、実は $\Omega=1$ の状態であり、量子化学計算で存在が予測されながらもこれまで実験面で報告例がなかった状態である、と言える。このため、この状態のラベリングを b0 から b1 に変更すべきであると考えられる。

超微細構造分裂の係数 (Fig. 1) などから、a1 の系列と b1 の系列の間で、性質が徐々に入れ替わっている様子が見られた。本講演では、この点についても議論を行う。

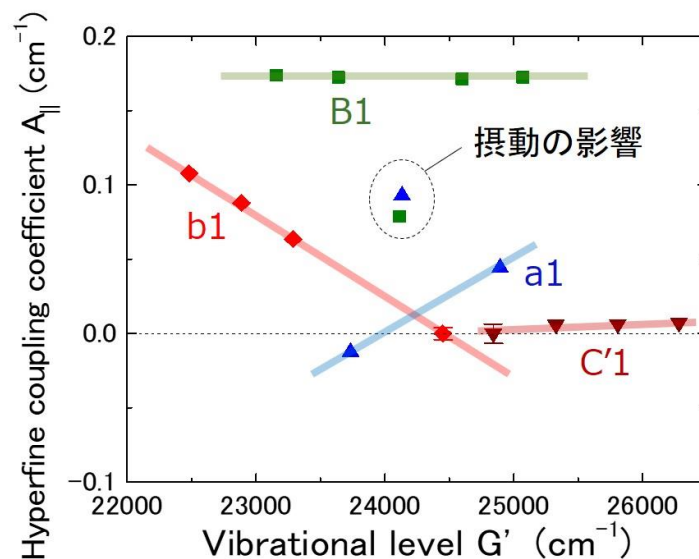


Figure 1: Hyperfine coefficient for vibrational states of the $\Omega=1$ states.

- [1] S. Eckel *et al.*, Phys. Rev. A **87**, 052130 (2013).
- [2] B. O. Roos and P. Malmqvist, Phys. Chem. Chem. Phys. **6**, 2919 (2004).
- [3] K. Enomoto *et al.*, J. Mol. Spectrosc. **390**, 111713 (2022).
- [4] M. J. Kurylo, W. Braun, S. Abramowitz, M. Krauss, J. Res. Nat. Bur. Stand. **80A**, 167 (1976).