

NO 分子の $B^2\Pi (v = 24, 25)$, $L^2\Pi (v = 5)$ における自然放射増幅過程

(東理大理) 山口真人, 小田部やよい, 小城吉寛, 築山光一

【序】当研究室ではこれまでに, NO 分子を中心に自然放射増幅光 (Amplified Spontaneous Emission; ASE) による Rydberg 状態間放射緩和過程について詳細に研究してきた. ASE とは二準位間での反転分布の形成に伴い発生する自然放射光が, 媒質自身の誘導放射過程によって増幅された指向性の高い光である. 今回, 注目した非 Rydberg 状態である $B^2\Pi (v = 24, 25)$, $L^2\Pi (v = 5)$ 状態は前期解離性のために蛍光観測は困難であったが, ASE によって初めて発光を観測することに成功し, エネルギー項値および ASE 発光スペクトルの解析を行った.

【実験】目的とする $B^2\Pi (v = 24, 25)$ および $L^2\Pi (v = 5)$ 状態への励起には, $3s\sigma A^2\Sigma^+ (v = 1)$ 状態を中間状態とした光 - 光二重共鳴法を用いた. Nd:YAG レーザー励起の 2 台のパルス色素レーザーを用いて, $A^2\Sigma^+ \leftarrow X^2\Pi (1, 0)$ 遷移に相当する約 215 nm の光 ω_1 と, $B^2\Pi, L^2\Pi \leftarrow A^2\Sigma^+ (v, 1)$ 遷移の約 494 ~ 510 nm の光 ω_2 を得た. ω_1 と ω_2 を時間的・空間的に重ねあわせ, NO を約 2 Torr 封入したステンレスセルに入射した. レーザー光軸上, 前後に強い指向性を持って発生した ASE 光を光学フィルターにより励起レーザー光と分離し, 分光器に通した後, 近赤外検出器で検出した. レーザー波長校正は I_2 の蛍光励起スペクトルにより行った.

【結果と考察】図 1 は, ω_2 を波長掃引して得た $B^2\Pi \leftarrow A^2\Sigma^+ (24, 1)$ および $L^2\Pi \leftarrow A^2\Sigma^+ (5, 1)$ 遷移に相当する ASE 励起スペクトルである. 図中 J_A とあるのは, ω_1 によって選択的に励起された, 中間

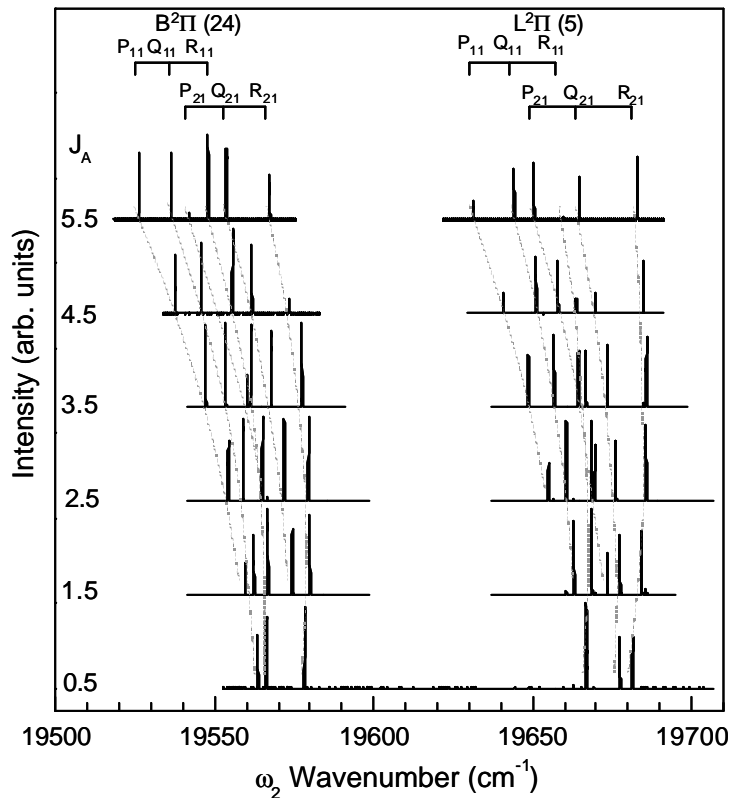


図 1 $B \leftarrow A (24, 1)$ および $L \leftarrow A (5, 1)$ 遷移に相当する ASE 励起スペクトル

状態 $A^2\Sigma^+(v=1, F_1(e))$ の単一回転準位の J 値である。すべての回転線が許容な $P_{11}(ee)$, $Q_{1}(fe)$, $R_{11}(ee)$, $P_{21}(ee)$, $Q_{21}(fe)$, および $R_{21}(ee)$ 枝に帰属され、遷移波数から上位状態のエネルギー項値を 0.07 cm^{-1} の精度で決定した。

図 2a および b はそれぞれ $B^2\Pi (v=24, J=1.5)$ および $L^2\Pi (v=5, J=1.5)$ を励起した際に得られた ASE 発光スペクトルである。回転解析の結果、これらはそれぞれ $B^2\Pi \rightarrow A^2\Sigma^+ (24, 6)$, $L^2\Pi \rightarrow A^2\Sigma^+ (5, 6)$ に相当する遷移であることがわかった。ASE 緩和経路に関するこれまでの研究により、Rydberg 状態間 ASE 遷移は Franck-Condon 因子が最大となる $v=0$ で起こるとい経験則が見出されている。B (24) および L (5) 状態からの ASE 緩和の下位状態が Rydberg 状態 $A^2\Sigma^+$ の振動量子数 $v=6$ であったという事実は、B (24) および L (5) が近接する Rydberg 状態の $v=6$ 準位と相互作用していることを示唆する。図 3 に示したポテンシャル曲線より非 Rydberg 状態 B (24) と L (5) には Rydberg 状態 $3p\pi C^2\Pi (v=6)$ が近接している。この $C^2\Pi (v=6)$ を直接励起したとき、ASE 発光は予想通り $C^2\Pi \rightarrow A^2\Sigma^+ (6, 6)$ ($\Delta v=0$) であった。以上から、B (24) および L (5) からの ASE 発光は Rydberg 状態間遷移の遷移モーメントを借りることによって起こっていると結論づけられる。

B (25) および L (6) からの ASE 緩和先としては、 $4s\sigma E^2\Sigma^+ (v=1)$, $4d\sigma H^2\Sigma^+ (v=1)$, $4d\pi H^2\Pi (v=1)$, $4d\delta F^2\Delta (v=1)$ が確認された。これは上位状態が $4p\pi K^2\Pi (v=1)$ と mixing を起こしているからであると解釈できる。

$B^2\Pi$ および $L^2\Pi$ に比べて、 $I^2\Sigma^+$ 状態に関する分光学的情報は少なく、吸収からは $v=6$ 準位のみが sharp な回転構造を与えることが報告されている。本研究において初めて $I^2\Sigma^+$ からの ASE が観測されており、その解析については現在進行中である。

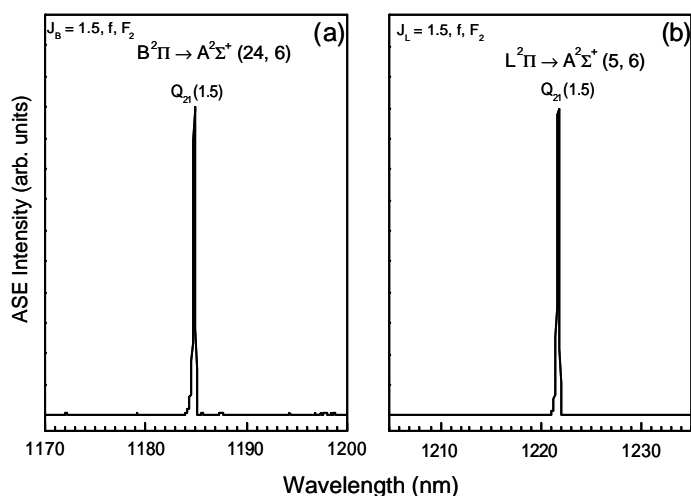


図 2 $B^2\Pi \rightarrow A^2\Sigma^+ (24, 6)$, $L^2\Pi \rightarrow A^2\Sigma^+ (5, 6)$ ASE 発光スペクトル

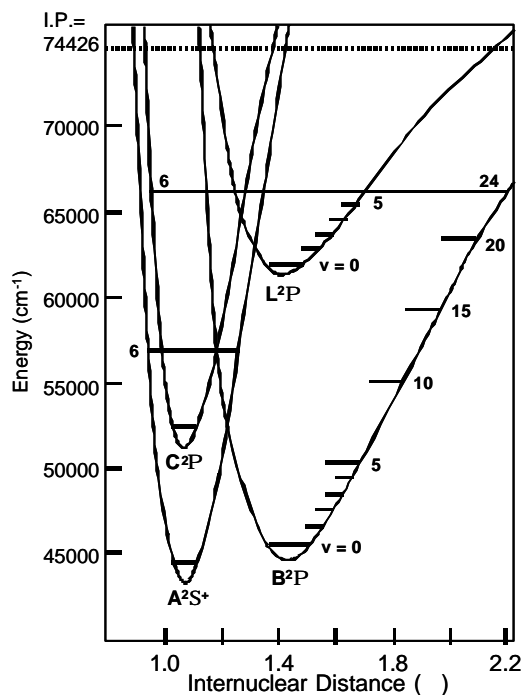


図 3 NO 分子のポテンシャル曲線