

アミノ酸の 3~250 eV 吸収スペクトル測定と

Thomas-Kuhn-Reiche の振動子強度総和則の検証

蒲原真澄^[1]、田中真文^[2]、金子房恵^[3]、泉雄大^[2]、
Koswattage Kaveenga^[2]、中川和道^[2]、岡本啓子^[2]

[1]神戸大学院総合人間 [2]神戸大学院人間発達環境 [3]神戸大学自然科学

はじめに

近年、宇宙空間の電波探査により、星間塵が高密度・高温で密集する地域に、有機物が多く存在することがわかってきた。また、現在発見されている炭素質隕石のなかからも多くのアミノ酸を含む有機物が検出されている。これらの事実は、宇宙空間が地球上における生命誕生のための材料生成の場となりえたこと、さらには生命誕生に先立つ化学進化が宇宙空間で起こった可能性を示唆するものであると考えられる。

宇宙における化学進化のエネルギー源としては、恒星からのプランク放射、中性子星からのシンクロトロン放射などの電磁波が考えられる。これらの電磁波はいずれも電波からX線あるいはγ線領域に渡る連続スペクトルをもつ電磁波である。さらにエネルギー源のほかの候補である粒子線は光速に近いものが多く、粒子線との相互作用による物質の励起は光学近似で考えることができる。

したがって、宇宙空間や原始地球上におけるアミノ酸などの有機物の光化学反応を考える上で、それぞれの物質の光吸収スペクトルを広いエネルギー範囲にわたり絶対値で得ることは非常に重要である。そこで、本研究ではアミノ酸の光吸収スペクトルを 3~250 eV のエネルギー領域にわたって測定した。また、アミノ酸の光吸収スペクトルを広範囲について測定することは、アミノ酸の基本的な物理的性質を知る上でも非常に有意義であると考えた。

実験

生体アミノ酸の中で比較的構造が単純なグリシン、アラニン、セリン、バリンに加え、側鎖にベンゼン環を持つフェニルアラニン、また側鎖に硫黄を持つメチオニンを測定対象とした。真空蒸着法により、それぞれのアミノ酸をコロジオン薄膜の基板上に蒸着し、試料として用いた。

試料の吸収測定実験は、分子科学研究所 UVSOR 1 B、5 B、7 B において透過法を用いて行った。基板とアミノ酸試料の光子エネルギー E での各透過光強度 $I_{\text{col}}(E)$ 、 $I(E)$ は、透過してくる紫外光を光電子増倍管、もしくは受光面がベアタイプの Si フォトダイオードを用いて検出した。

結果と考察

各透過光強度 $I_{\text{col}}(E)$ 、 $I(E)$ を、蓄積リング電流 $M(E)$ で規格化し、Lambert-Beer の式より光学密度 (Optical density $\equiv \log\{I_{\text{col}}(E)/I(E)\}$) を算出した。

光学密度は光吸収スペクトルの相対値であり、光吸収断面積 σ [cm²]、振動子強度分布 df/dE と比例関係がある。このとき、光吸収断面積 σ [cm²] は式(1)のように定義され、光吸収スペクトルを絶対値として得ることができる。結果の一例を Fig. 1 に示す。

$$I(E) = I_0(E) e^{-N\sigma(E)d} \quad \dots (1)$$

d : 光路長 [cm] N : 分子数密度 [cm⁻³]

また、振動子強度分布 df/dE は吸収断面積 σ [Mb, 1Mb=10⁻¹⁸cm²] と式(2)のような関係にあり、Fig. 1 の縦軸を df/dE に変換した結果が Fig. 2 である。

$$\sigma(E) [\text{Mb}] = 1.098 \times 10^2 \cdot df/dE [\text{eV}^{-1}] \quad \dots (2)$$

Fig. 2 の縦軸が絶対値としてどの程度信頼できるかを、振動子強度のエネルギー分布の積分値が遷移にかかわる総電子数と一致するという Thomas-Kuhn-Reiche の振動子強度総和則を用いて検討した。その結果、Fig. 2 の振動子強度のエネルギー分布の積分値は 62.6 となり、フェニルアラニンの遷移にかかわる総電子数 64 と十分に近いことがわかった。以上の結果より Fig. 3 の縦軸が十分に信頼できると結論した。

また、他のアミノ酸についても Thomas-Kuhn-Reiche の振動子強度総和則が成り立つことを確かめた。結果を表 1 に示す。表 1 より、T-K-R 総和則はこれら 4 種のアミノ酸についてよく成り立つことがわかった。当日は DNA 塩基に対する測定も一部報告する予定である。

謝辞

本研究は分子科学研究所 UVSOR 共同利用 (課題番号 : 18-515, 18-534, 19-525, 19-546) にて行われました。UVSOR スタッフの皆様へ感謝申し上げます。

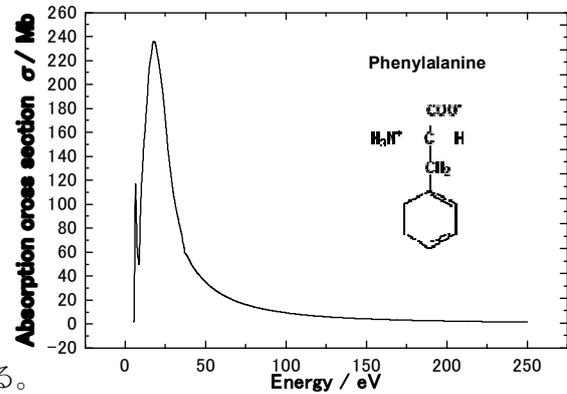


Fig.1 フェニルアラニンの光吸収スペクトル

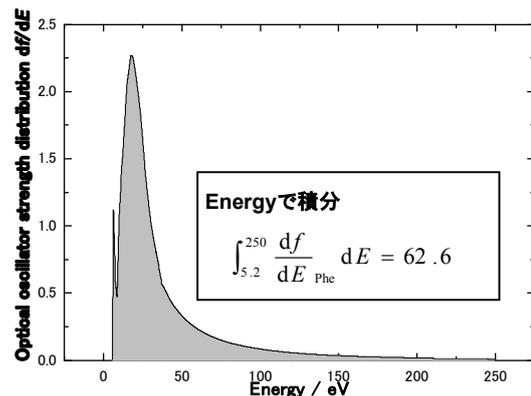


Fig.2 フェニルアラニンの振動子強度分布 df/dE

アミノ酸	遷移にかかわる 総電子数	df/dE の 積分値
Glycine	30	27.3
Alanine	36	31.0
Phenylalanine	64	62.6
Methionine	62	60.1

表 1