

ナトリウム拡散火炎の発光スペクトル

湯 浅 三 郎*

Emission Spectrum of Sodium Vapor
Diffusion Flame in Air

YUASA Saburo

Abstract

Spectroscopic measurement was made on a sodium vapor-air diffusion flame system. From an emission spectrum of the flame, the strongly self-reversed sodium D lines and a thermal continuum were found to be present, but other emission lines and bands could not be resolved.

1. ま え が き

空気中でのナトリウム金属の着火や燃焼の振舞いを明らかにすることは、特に防災の立場から重要である⁽¹⁾。これらの着火や燃焼の過程を調べるうえで、ナトリウム火炎からの発光スペクトルを分析することは有効な手段となる。ナトリウム原子が発するスペクトル線は理論的には精度よく予測することができる(例えば文献(2))。ところが空気中でナトリウムを燃やした場合には、ナトリウム蒸気以外に燃焼生成物の Na_2O や Na_2O_2 、あるいは空気中の水蒸気と反応して NaOH などが形成され、それらに起因するスペクトルが加わり、火炎スペクトルはかなり複雑になることが予想される。しかし実際にナトリウム火炎からどのようなスペクトルが観察されるかを実験的に調べた研究は殆んどない。そこで本研究は、簡単な装置を用いて大気圧下のもとで高温のナトリウム蒸気を空気中に噴出し、このとき形成される噴流拡散火炎の発光スペクトルの観察を行った。

2. 実験装置

図1に実験に用いたるつぼ、加熱炉、分光器の概略を示す。実験には純度が99.9%のナトリウム丸棒を用いた。これを適当な形状に切り出して重さ約2gの試料をつくり、プロピールアルコール溶液中に約30分間浸して

* 航空原動機工学科
60.11.16 受付

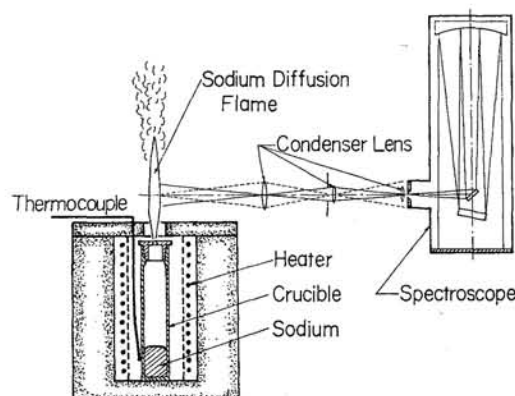


Fig. 1 Experimental apparatus

表面に形成された反応生成物や油類を除去した。その後図1に示したステンレス製のるつぼ(直径17mm、長さ90mm)にすばやく入れた。るつぼの上端には直径1.5mmのノズル孔が開いている。続いてこのるつぼ全体を電気加熱炉(800W)に入れ、加熱した。るつぼ側壁に接するように取付けた熱電対で測った温度が 700°C 近くになるとナトリウム蒸気が発生し始めた。発生した蒸気は空気に触れると反応し、白煙を生ずるが、蒸発量が多くなると自発着火を起して多量の白煙を発生する橙色の噴流拡散火炎を形成した。火炎の高さは約7cmであり、燃焼は約3~5分間持続した。

この火炎の発光スペクトルの測定には鳥津平面回折格子分光器GE-100形を用いた。これは焦点距離が1mの主鏡を備えたエバート型分光器であり、600本/mmの回折格子によって $16.6\text{ \AA}/\text{mm}$ の逆分散度の分解能を持つ。分光写真撮影には35mm Kodak Spectroscopic Film 103 a-Eを用いた。また分光器の集光系には光量を増加させるために図1に示すように中間結像法を用い、るつぼのノズル下流20~30mmのところのナトリウム火炎の発光を分光器に入射させた。

3. 燃焼中の火炎スペクトル

ナトリウム拡散火炎のスペクトル写真の代表的な例を図2の上を示す。この写真は 3500 \AA から 6500 \AA までの波长範囲を示している。撮影は入射スリット幅が 50μ 、露出時間が30秒で行った。また、このフィルムの明暗の分布から求めた発光強度分布を図2の下に示す。

これらの結果より、ナトリウム火炎のスペクトルはナトリウム原子によるD線(5889.97 \AA と 5895.93 \AA)の輝線スペクトルと連続光とから成り立っていることがわ

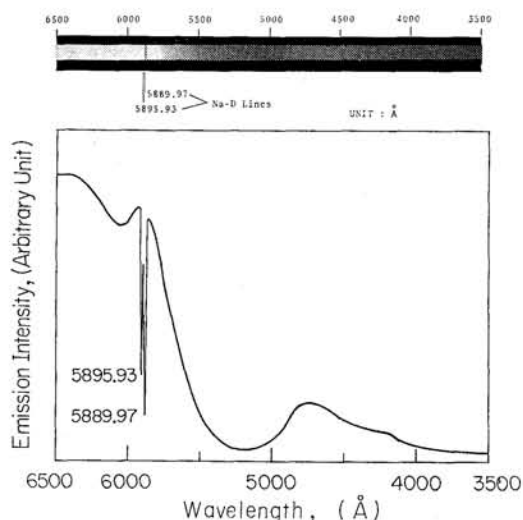


Fig. 2 Emission spectrum and emission tracing of sodium vapor diffusion flame

かる。D線は共鳴線であり、発光が極めて強いため自己反転を起している。D線以外に確定できる輝線スペクトルやバンドスペクトルは本実験からは観察されなかった。これは、他のスペクトルが存在しないというよりも連続光の発光が強すぎて分離できないためではないかと思われる。一方非常に強い連続光が観察されたことは、火炎中に凝縮した燃焼生成物が存在し、それが火炎中で高温に熱せられることを示している。この連続光は長波

長側で強く、紫外領域に向うにつれて弱くなるが、5200 Å 付近で最も弱くなった後、再び強くなり 4750 Å 付近で最大になる。この現象が単に 103 a-E フィルムの分光感度の波長特性⁽³⁾によるのか、それともナトリウム原子の Sharp や Diffuse series の発光か⁽²⁾、または Newman ら⁽⁴⁾が指摘するように Na₂ 分子によるバンドスペクトルによるかは本実験からは明確にすることが出来なかった。しかしフィルムの分光感度の波長特性が原因であるに於ては 5200 Å 付近と 4750 Å 付近の発光強度の差が大きすぎるように思われる。

スペクトル写真撮影では、東京大学工学部付属境界領域研究施設竹野研究室の分光器を使用させていただいた。ここにそのご好意に対して厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) Yuasa, S., "Spontaneous Ignition of Sodium in Dry and Moist Air streams", 20th Symposium (International) on Combustion, p. 1869, The Combustion Institute, 1985.
- 2) 応用物理学会編, 「分光分析」, 丸善, 1958.
- 3) "Kodak Plates and Films for Scientific Photography", DKP-159, Kodak Publication, 1973.
- 4) Newman, R. N. and Payne, J. F. B., "Fundamental Studies of the Mechanism of Sodium Combustion", Proceedings of the International Conference on Liquid Metal Technology in Energy Production, p. 667, 1976.