

アーク放電法フラレン生成における温度場の測定

東京大学工学部
まるやま しげお たかぎ としお かじ よしお
丸山 茂夫, 高木 敏男, 加地 与志男

1. はじめに

フラレンの生成メカニズムについては、数多くの研究がなされているにも関わらず未知の部分が多く、フラレンをより大量に生成する方法や、高次フラレンや金属内包フラレンの大量生成法は確立されていない。そこで、筆者らはアーク放電式の生成装置を製作し、ヘリウム圧力、放電電流、炭素棒の送り速度など種々のパラメータがフラレンの生成率にどのように影響するかを検討してきている⁽¹⁻³⁾。本研究では、緩衝ガスの圧力や炭素電極の送り速度などのパラメータがフラレンの生成メカニズムといかに関連するかの検討の第一歩として、熱電対を用いた装置内の温度分布測定を行った。

2. 実験

実験装置は前報^(1,2)と同様のものを使用し、Fig. 1 に示すように炭素電極の上方 12 cm (TC1), 9 cm (TC2), 4 cm (TC3) にアルメル・クロメル熱電対、下方 6 cm (TC4), 9 cm (TC5), 12 cm (TC6) にタングステン・レニウム熱電対をそれぞれ配置し様々なヘリウム圧力における真空容器内の温度分布を測定した。炭素電極は直径 6.35 mm, 密度 1.67 g/cm^3 の高純度材 (99.98%) を用い、放電設定電流を 100 A, 炭素棒の送り速度 3 mm/min として、ヘリウムの圧力を変化させてフラレンの生成率と真空容器内の温度分布を測定した。

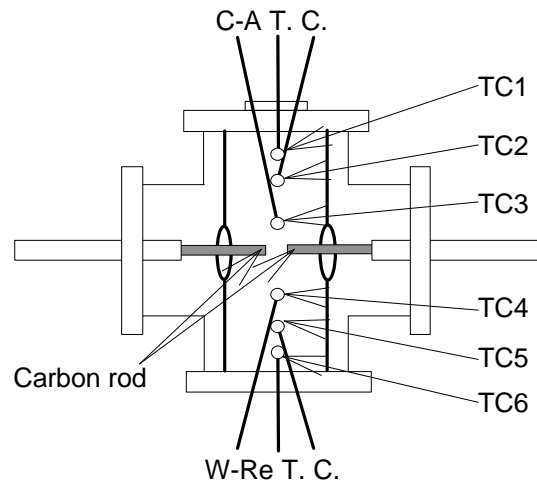


Fig. 1 Locations of thermocouples

3. 温度測定

Fig. 2 は放電中のヘリウム圧力 559 Torr の条件での温度測定の結果をプロットしたものである。Fig. 2 に示すようにヘリウム圧力が高い条件ではアーク放電によって発生する熱によってかなり強い自然対流が生じる。このために真空容器上方 (TC1, TC2, TC3) での温度が真空容器下方 (TC4, TC5, TC6) より高くなる。また真空容器上方の温度変動は時間と共に小さ

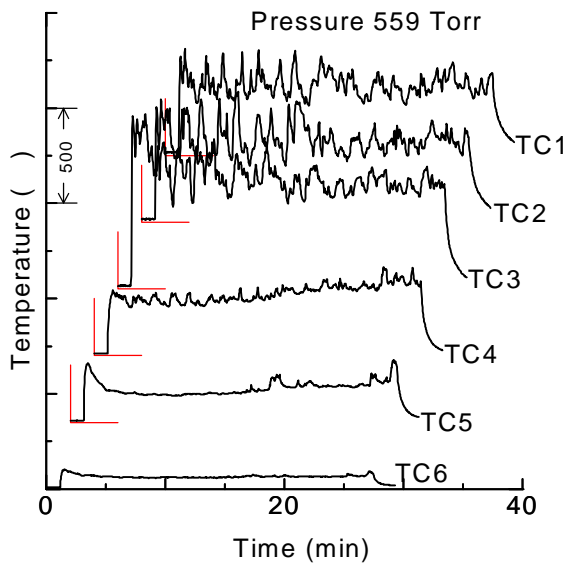


Fig. 2 Measured temperature fluctuation

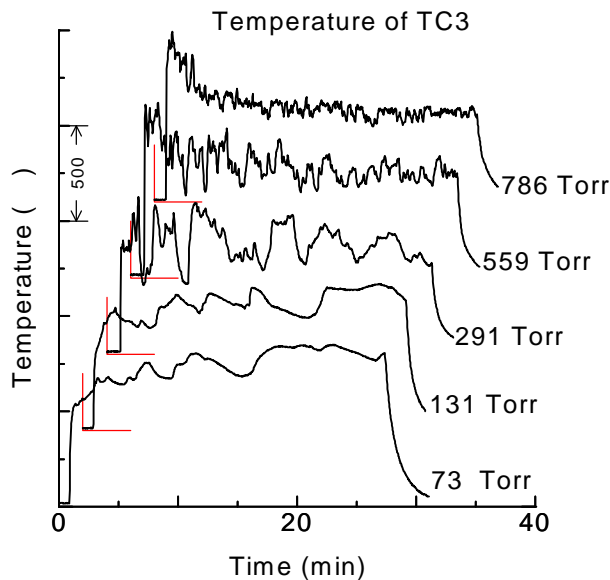


Fig. 3 Effect of Helium pressure on local temperature

いる．温度変動の大きさの目安としてプロットした測定温度の標準偏差から，炭素棒に近く，圧力が低いほど温度変動は大きくなる傾向が読みとれる．これは炭素棒に近く，圧力が低いほど前報⁽³⁾で示したようなアーク放電の複雑な影響を受けやすいためであると推測される．

4. 平均温度・フラレン生成率の圧力依存性

今回の温度測定に対応する実験におけるフラレン生成率を従来⁽³⁾のデータと比較して Fig. 5 に示す．本研究では，炭素棒の密度約 1.7 g/cm^3 のものを使用し，前報⁽³⁾の実験で

くなっているが，熱電対先端部に対流によって運ばれるススが堆積していくため熱電対の反応が鈍くなるためと考えられる．

ヘリウム圧力を変化させて温度測定を行った結果を炭素棒上部 4 cm (TC3) の測定点について Fig. 3 に示した．圧力が高いほど温度変動の周期が短くなっている．これは自然対流の強度を表すグラスホフ数が圧力の上昇と共に飛躍的に増加することを考えると，真空容器内の自然対流が圧力の上昇によって層流から乱流に遷移しているためと考えられる．

Fig. 4 はヘリウム圧力を変化させた場合の各位置での平均温度をプロットしたものである (73 Torr の各点と各圧力の TC3, TC4 の測定点については測定温度の標準偏差を一緒にプロットしてある)．圧力が高くなるにつれて激しくなる自然対流の影響で温度勾配は小さくなり，真空容器内での温度差が小さくなっている．対流の影響を強く受ける炭素棒上部 (TC1, TC2, TC3) では温度勾配は小さくなるとともに，圧力の変化による温度差も小さくなって

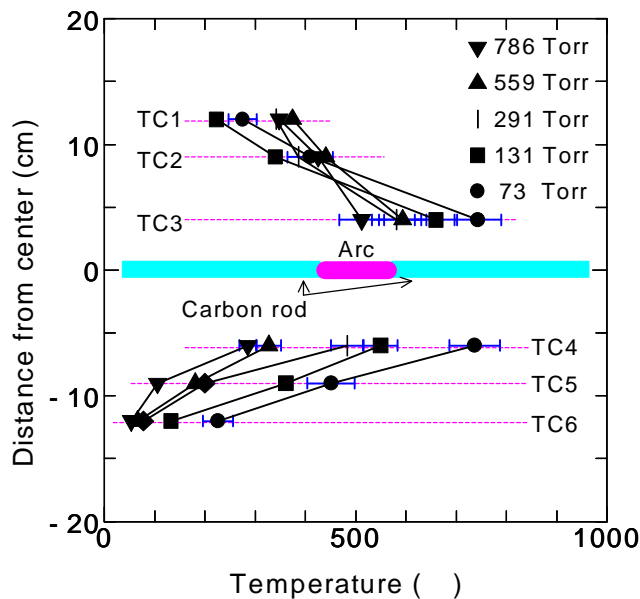


Fig. 4 Mean temperature distribution

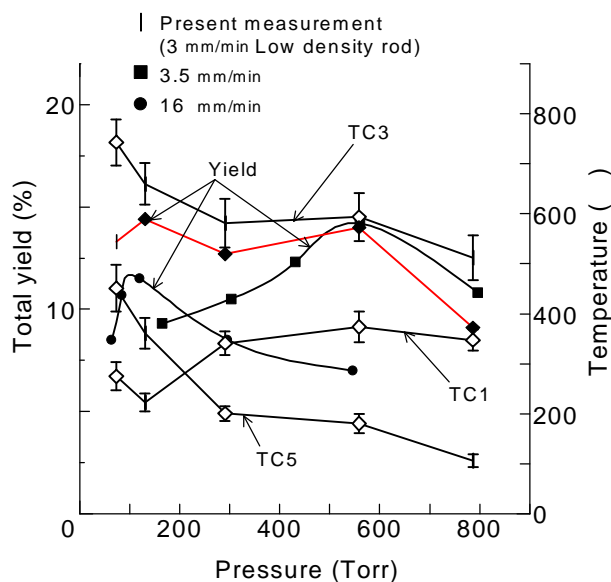


Fig. 5 Effect of Helium pressure on yield and local mean temperature

使用した炭素棒(約 1.8 g/cm^3)と異なる．電源として使用している溶接機の放電設定電流も安定したアーク放電を実現するために 100 A に設定した(前報まで⁽¹⁻³⁾はおもに 150 A に設定)．炭素棒の送り速度は 3 mm/min である．これらのことから生成率の圧力依存性は必ずしも前報⁽¹⁻³⁾と一致しないがおおよそ近い範囲にある．各圧力のフラーレンの生成率と比較して TC1, TC3, TC5 での平均温度, その標準偏差を Fig. 5 に示した．Fig. 4, 5 から測定点 TC3, TC4, TC5, TC6 における平均温度は圧力が高くなると共に単調に低くなり, 一方真空容器の上部の測定点 TC1, TC2 における平均温度は圧力の上昇と共に高くなっているのが分かる．この結果として圧力が高くなるに従って真空容器上部では温度勾配が小さくなっている．

最後に, 本研究は文部省科学研究費(重点領域研究「炭素クラスター」及び奨励研究No. 06750195)による補助を受けた.

参考文献

- (1) 丸山・高木・山口・金原: 第6回 C_{60} 総合シンポジウム講演要旨集, p. 34 (1994).
- (2) 丸山・高木・金原・井上: 第31回日本伝熱シンポジウム講演論文集, p. 943 (1994).
- (3) 丸山・高木・金原・井上: 第7回 C_{60} 総合シンポジウム講演要旨集, p.233 (1994).

連絡先

〒113 東京都文京区本郷3-7-1 東京大学工学部 機械工学科 丸山茂夫
 TEL: 03-3812-2111 (内線6421) FAX: 03-5800-6983
 E-Mail: maruyama@mech.t.u-tokyo.ac.jp