

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	ディーゼルエンジンを用いたカーボンナノチューブ合成プロセスに関する研究
Title(English)	The study on the synthesis of carbon nanotubes using a diesel engine
著者(和文)	鈴木俊介
Author(English)	Shunsuke Suzuki
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10954号, 授与年月日:2018年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:森 伸介,関口 秀俊,多湖 輝興,松本 秀行,小酒 英範
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10954号, Conferred date:2018/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	鈴木 俊介
論文審査 審査員		氏 名	職 名	
	主査	森 伸介	准教授	小酒 英範
	審査員	関口 秀俊	教授	
		多湖 輝興	教授	
		松本 秀行	准教授	

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「The study on the synthesis of carbon nanotubes using a diesel engine」と題し、英文で書かれ、以下の 8 章から成っている。

第 1 章「Introduction」では、本研究の背景として、ディーゼルエンジンの特性や近年の技術的進歩を概説し、高温・高圧場を容易に形成できるにもかかわらず反応器としての応用例がないこと、およびその燃焼場の諸条件が、カーボンナノチューブ (CNT) 合成条件に合致することを述べた上で、ディーゼルエンジンを用いた CNT 合成プロセスの利点や独自性を示し、研究の目的と意義を述べている。

第 2 章「CNT Synthesis Using Gas Oil as Fuel」では、実験装置や実験手順、燃料や触媒の調製方法、CNT のサンプリング方法や分析方法を説明した上で、軽油を主燃料として、様々な触媒や添加剤を燃料に加えることで、CNT の合成を試みている。その結果、軽油にフェロセンなどの触媒源に加えて、エタノールと硫黄を添加した場合に、ディーゼルエンジン内で CNT が合成されることを見出している。

第 3 章「CNT Synthesis Using *n*-Dodecane as Fuel」では、現象の解析を容易にするために、軽油の代わりにドデカンに主燃料として CNT の合成を行い、CNT 合成挙動およびそのメカニズムの解析を行っている。排気ガス組成と燃料組成から計算した平均断熱燃焼温度と CNT が合成される条件との比較を行い、断熱燃焼温度よりも排気ガス組成中の一酸化炭素濃度と CNT 合成条件との間に強い相関があることを見出し、CNT 合成に対して一酸化炭素が大きな影響を及ぼしていると推論している。

第 4 章「Effects of Fuel Type on CNT Synthesis」では、ドデカンに加えラウリン酸メチルやデカノールを主燃料として使用し、燃料の化学構造が CNT 合成に与える影響を調べ、ラウリン酸メチルおよびデカノールの方がドデカンよりも CNT が合成されやすいが、エタノール割合が増加するにつれて燃料種間の違いは顕著でなくなること、およびラウリン酸メチルやデカノールを用いた場合とエタノール割合が高い場合に排ガス中の一酸化炭素濃度が高く、CNT の合成量も多いことを見出している。

第 5 章「Considerations on CNT Growth Mechanism in a Diesel Engine」では、ディーゼルエンジンにおける CNT 合成メカニズムの考察を行っている。まず気相反応に対する素反応解析を行い、エチレンやアセチレンが瞬時に酸化され十分な濃度を保てない一方、一酸化炭素は高濃度を保ち続けるという傾向を見出している。次に、表面反応に関する総括反応速度式による実験結果のフィッティングを行い、エチレンやアセチレンを炭素源とするモデルよりも一酸化炭素を炭素源とするモデルによって実験結果を良く再現できることを示し、一酸化炭素が CNT 合成における主な前駆体であると推論している。

第 6 章「CNT Synthesis via Adding Hydrocarbons in Intake Line」では、吸気ガスに、水素、メタン、アセチレンなどの可燃性ガスを添加する効果について検討し、水素とメタンを添加した場合には CNT 生成量が若干増加するが、アセチレンを添加した場合には CNT 生成量が逆に減少することを示し、その理由としてアセチレンが触媒失活を引き起こしたためであると推論している。

第 7 章「Impacts of Sulfur on CNT Growth in Chemical Vapor Deposition」では、触媒組成や合成温度の調整が容易な化学気相成長法 (CVD) を用いて、硫黄が CNT 成長を促進する理由を調べている。CNT 成長速度と CVD 温度を用いたアレニウスプロットから、硫黄の添加によって活性化エネルギーが大きく低減することを示し、触媒粒子の詳細分析から、触媒粒子の硫化物化に伴う融点の低下が、律速段階を固体触媒中の炭素原子の拡散からシフトさせ、その結果 CNT 成長が促進されると推論している。

第 8 章「Overall Conclusions and Future Scope」では、本研究により得られた成果を総括し、課題および今後の展望について述べている。

これを要するに、本論文は、ディーゼルエンジンを用いた新規なカーボンナノチューブ合成プロセスを考案し、その反応機構を提案することを通して、ディーゼルエンジンを反応器として捉えるプロセスの可能性およびそのメカニズムを示したものであり、工学上ならびに工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士 (工学) の学位論文として十分価値があるものと認められる。