

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 23 日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24580478

研究課題名(和文) 樹木エッセンシャルオイルによるエンジン燃料の燃焼効率改善

研究課題名(英文) Improvement of diesel engine fuel combustion by addition of wood essential oils

研究代表者

大谷 慶人(Ohtani, Yoshito)

高知大学・教育研究部自然科学系・教授

研究者番号：30253339

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：ディーゼルエンジンの排ガス中の微粒子(PM)、窒素酸化物(NOx)の排出量は非常に多く、この二者はトレードオフの関係にある。この研究では5種の樹木エッセンシャルオイルをディーゼル燃料に少量添加してエンジンを駆動させた。排ガス中のPM濃度はエッセンシャルオイルの添加により著しく減少し、燃焼効率は向上した。一酸化炭素・二酸化炭素などの濃度には大きな変化はなかったが、NOxは少しながら減少する傾向にあった。以上、エッセンシャルオイル添加はディーゼル排ガスのPM濃度低下とNOx低下を同時に果たすことを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The PM (particulate matters) and NOx in the diesel engine exhaust gas are largely generated, and the latter two indicate trade-off relationship one another. In this research, 5 kinds of tree essential oils were added into the diesel fuel and the diesel engine was driven. Then PM, NOx, COx concentrations of exhaust gas were investigated. By adding the tree essential oils, number of PM in the exhaust gas was significantly reduced, it means that combustion efficiency was significantly increased. On the other hand, the concentrations of COx were little changed, however, NOx had slightly descending tendency. The observation of PM by SEM elucidated that PM sizes were enlarged by adding the tree essential oils into the diesel engine fuel. So the enlargement of the PM may result in the reduction of number of PM in the exhaust gas. Simultaneous reduction of both PM and NOx can be achieved by addition of tree essential oils.

研究分野：木材科学

キーワード：ディーゼルエンジン排ガス Particulate Matter NOx 樹木エッセンシャルオイル ディーゼル燃料添加物

1. 研究開始当初の背景

ヒノキ、スギ、マツ、ユーカリは日本国内またはタイ、インドネシアなどにおいて広く植林されており、代表的な建材またはパルプ用材として利用されている。ヒノキ、スギは日本の森林面積の50%以上を占める汎用樹であるが、間伐、除伐または丸太・建材生産時に発生する膨大な端材、枝葉が問題となっている。近年、バイオマス燃料としての期待が大きくなっているものの、搬出のための費用すら賄えるほどには至っていない。ユーカリについても紙パルプ用として植林されるものの、枝葉・樹皮などの廃棄物処理が問題となっている。

我々は、長年、ヒノキの耐朽性に関する研究を続けてきており、その最大の理由が材に存在するヒノキ精油にあることを明らかにした。一方、ユーカリはタイ国最大の紙パルプ企業である Siam Forestry 社が独自に品種を開発してタイ国内で紙パルプ用として広く植林している。いずれにしても、不要な枝葉・樹皮部分などの処理が大きな問題となっており、タイ、インドネシアの研究者とその有効利用法を研究している。ヒノキ、スギ、マツ、ユーカリともに、樹木各部にエッセンシャルオイルが豊富に含まれ、ヒノキ油、スギ油、テレピン油、ユーカリ油として広くその価値が認められ、高値で取引されている。通常、材料の1~2%がエッセンシャルオイルとして採取可能であり、残り98%以上は地産地消型のバイオマスエネルギー原料として使用できる。最近、我々は得られたエッセンシャルオイルの新たな利用法を開発してきたが、その中でも内燃機関用の燃料、例えば、ディーゼル燃料等の燃焼効率に多大の効果を果たすことを明らかにしており、本申請研究において、更なる研究の進展と実用化につながる開発を目指した。

2. 研究の目的

樹木エッセンシャルオイルの利用法として、次の項目を研究対象とした。

(1) エッセンシャルオイル添加ディーゼル燃料のディーゼルエンジン排ガスの分析

(2) ディーゼルエンジンの燃費向上効果の評価

(3) エッセンシャルオイル添加量による効果の評価

これらの項目については、ヒノキ油がディーゼル排気ガスの浄化に効果があることを見出したことに派生する。ヒノキ油の希薄蒸気中にディーゼル排気ガスを通すと、ナノオーダーの微粒子(PM)がろ過可能なレベルまで凝集し、大幅に濃度が低下することおよびCOx、NOxが著しく減少することを明らかにしており、ヒノキ油がディーゼル排ガス成分

と密接な相互作用を示すことが分かっている。それらの装置として特許公開2003-172130や特許公開2007-224792などが出されている。類似の排ガス処理装置は高知県の業者(有)岡松自動車鋸金)が最近、製造販売しており、高知県エコ産業大賞特別賞に選ばれるなど高評価を得ている。その後の我々の研究の中で、色々と試みた結果、燃料に直接添加することで、思わぬ好結果が得られることを発見した。更に、ユーカリエッセンシャルオイルもかなりの効果を示すことを明らかにした。ただし、エッセンシャルオイルの種類および添加量、使用条件によって効果は大きく異なることを明らかにしており、更なる詳細な使用方法の検討を要することもわかっている。そのため、今回は入手可能なエッセンシャルオイルの数種を試験に用いた。本申請研究においては、この技術の実用化をめざして、基礎となるデータを更に追加することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) ヒノキ、スギ、マツ、ユーカリのエッセンシャルオイルのエンジン燃料への添加試験

ディーゼル排気ガス中に含まれるPM (Particulate Matters: 粒子状浮遊物質)の減少、COxとNOx抑制効果を調べるために、大型トラックディーゼルエンジンを用いて試験した。更に、小型のディーゼルエンジンを用いて同様の試験を行った。排ガスの分析には排ガス分析キットを使用し、COx、NOx濃度を調べるとともに、デジタル粉塵計によるPM濃度の測定、トラック排ガスの煤塵濃度測定にはオパシメータによる排出ガス規制値の評価を行った。

(2) エンジン燃料添加剤としてのエッセンシャルオイルの効果

各種エッセンシャルオイルは成分の均一性を確保するために、GCMSによる成分分析を行った。さらに、エッセンシャルオイルの物理化学的性質を測定した。燃料を種々の比率で混合して、混合液の諸物性を測定した。例えば、混合液の屈折率、密度、旋光度、溶解性、透明度、沸点などを測定し、最適な混合比率を調べた。

4. 研究成果

(1) 大型トラックディーゼルエンジンを用いた排ガス試験

三菱 FUSO トラックを用いてエンジン稼働試験を行った。マフラー出口の排ガス中の煤塵濃度を BOSCH オパシメータ RTM215J で測定した。ここでは、エッセンシャルオイルとしてユーカリ油、テレピン油、青森ヒバ油を試験に供した。結果を図1に示した。

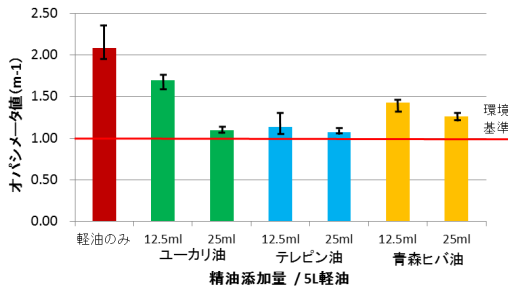


図1 ディーゼル車排ガス中のカーボン量 (オパシメータ測定)

ヒノキ精油については前もって同様の試験を行っており、オパシメータ値 1.00m⁻¹の結果を得ている。エッセンシャルオイルを5Lの軽油に12.5mLまたは25mL添加すると、ユーカリ油、テレピン油では著しくカーボン量が低下した。特に、テレピン油ではヒノキ油と同等の効果が見られた。図中の赤線が環境基準値であるので、少量のエッセンシャルオイル添加で基準をほぼクリアできることがわかる。

(2) 小型ディーゼルエンジンを用いた排ガス試験

市販のディーゼル燃料(軽油)にヒノキ材精油、ヒノキ葉精油、ユーカリ油、テレピン油などを軽油あたり0~5%添加して、ディーゼルエンジン(KUBOTA OC62-E3)を駆動した。エンジンの回転は低速回転(630~900rpm)、高速回転(1780~1880rpm)の2段階で行った。排ガス中のPM濃度をデジタル粉塵計(SHIBATA LD5)で測定した。ヒノキ材精油の結果を図2に示した。

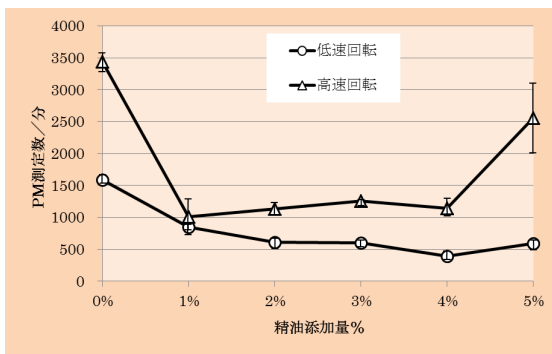


図2 ヒノキ材精油によるディーゼルエンジン排ガス中のPM濃度

ヒノキ材精油1%添加で著しく排ガス中のPM濃度が減少したが、添加量を増やしてもそれ以上の効果は得られず、5%を超えるとかえって効果が低下するようであった。他のエッセンシャルオイルでも効果の多少はあるものの、類似の傾向を示した。ヒノキ材精油1%以下の添加量を検討した結果、0.5%以上で効果が現われた。精油の添加量の増加に伴い、エンジンの回転数および排ガス温度は低下する傾向にあった。しかし、エッセンシャルオイルの種類によっては一様な結果ではな

く、PM濃度以外では変動傾向はかなり異なっていた。

(3) ディーゼルエンジン排ガス中のNOx、COx、PM濃度の変化

ヒノキ材油、ヒノキ葉油、テレピン油、ユーカリ葉油をそれぞれ1, 2, 3, 4%軽油に添加し、ディーゼルエンジン(KUBOTA OC62-E3)を駆動させた。エンジンの回転数は低速(約600rpm)・中速(約1200rpm)・高速(約1880rpm)の三通りで行った。その際に排出される排気ガスをフレックスポンプを用いてガス捕集バッグに採取した。得られた気体を排気ガスごとに希釈し(低速:20倍、中速:30倍、高速:40倍)、気体検知管にてNOx、CO、CO₂濃度を測定した。また同時に排気ガス中のPM粒子数(デジタル粉塵計Shibata LD5)、温度、エンジン回転数を測定した。それぞれ測定は三回ずつ行い、平均値と変動係数を求めた。

図3にテレピン油を添加した時の排ガス中のNOx濃度を示した。

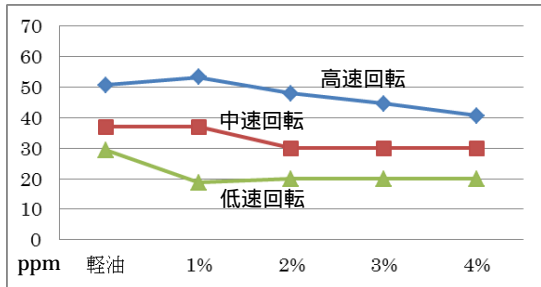


図3 テレピン油を添加した時のディーゼルエンジン排ガス中のNOx濃度の変化

テレピン油を1%以上添加することにより、排ガス中のNOx濃度は最大2/3程度まで減少することが分かった。ヒノキ葉油、ユーカリ油などでも類似の効果が得られたが、添加量が3%以上になると結果が大きくばらついた。CO₂についてもエッセンシャルオイル添加によりわずかに減少傾向が見られるものの、変動が大きく、有意な結果とはいえなかった。PMについては、いずれのエッセンシャルオイル添加でも著しく減少した。特に、中速回転において、大きい効果が現われ、軽油のみでは3000個/分であったものが、エッセンシャルオイルの1%以上の添加で、1000個/分以下まで低下した。テレピン油の結果を図4に示した。

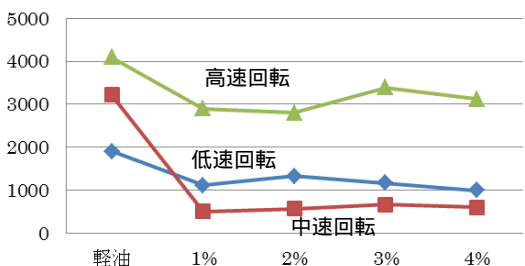


図4 テレピン油を添加した時のディーゼ

ルエンジン排ガス中の PM 濃度の変化

(4) 排ガス中の有機揮発成分の測定

エッセンシャルオイルを添加した軽油を用いてディーゼルエンジンを駆動した。その際に出る排気ガスをフレックスポンプを用いて、ヘキサンと水を 50ml ずつ入れたガス洗浄瓶に 3 分間吹き込むことで可溶成分を溶かし、溶液試料を得た。溶液試料のうちヘキサン部を取り出し脱水し、GCMS にかき、排気ガス中の有機揮発成分を分析した。エッセンシャルオイルの種類・濃度間で成分組成の違いは見られなかった。しかし軽油の場合と比べて排気ガス中の有機揮発成分の総量が減少していた。

(5) SEM による排ガス中の PM 観察

排気ガスをメンブレンフィルタでろ過吸着させ、フィルタ上の粒子数を電子顕微鏡 (SEM) により観察をした。フィルタへの吸着は 100ml 容注射器を用いて、排気ガス排出口から直接吸入することで行った。SEM 観察は 500 倍、1000 倍、4000 倍にて行った。SEM 写真を図 5 に示した。観察の結果、すべてのサンプルにて PM と思われる多くの粒子が認められた。軽油の排気ガスに含まれる PM 粒子は小さく、精油添加の場合、排気ガスの PM 粒子は大きくなることが確認された。エッセンシャルオイル添加により排ガス中の PM 粒子数が減少するのはこのことが原因の一つであると推測される。

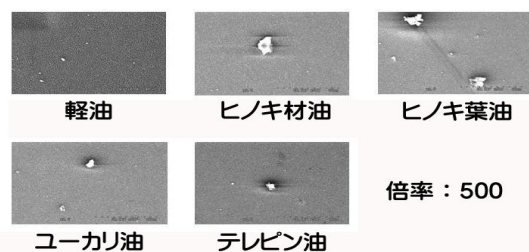


図 5 ディーゼル排ガス中の PM 粒子の SEM 写真 (各精油添加率 2%)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 3 件)

1) Chaonan Wang, Yoshito Ohtani, Masaki Kawakatu, Hideaki Ichiura: Addition of tree essential oils into diesel engine fuel improves exhaust gas pollution, International Symposium on Wood Science and Technology 2015, Tokyo March 15-17, 2015

2) 川勝正貴、王超男、大谷慶人、市浦英明: ディーゼルエンジンにおける樹木精油添加

燃料の影響、日本木材学会中国・四国支部第 26 回研究発表会 (2014 年 9 月 24 日 ~ 25 日 香川)

3) 大谷慶人、王超男、市浦英明: ディーゼルエンジンにおける樹木精油添加燃料の燃焼効率、第 23 回日本木材学会大会 (2013 年 3 月 27 日 ~ 29 日 盛岡市)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

〔その他〕

第 63 回日本木材学会大会優秀ポスター受賞 (ディーゼルエンジンにおける樹木精油添加燃料の燃焼効率)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大谷慶人 (Ohtani Yoshito)

高知大学・教育研究部自然科学系・教授

研究者番号: 30253339