

含水丁醇混合柴油對重型柴油引擎排放持久性有機物污染物之影響

張育誠¹、王琳麒^{2*}、楊錫賢³、蔡瀛逸⁴、鄭曼婷⁵、盧昭暉⁶、楊禮豪⁷、姜嘉瑞⁸

¹國立成功大學環境工程學系 博士生

²正修科技大學化工與材料工程系 教授

³朝陽科技大學環境工程與管理系 教授

⁴嘉南藥理科技大學環境工程與科學系 教授

⁵中興大學環境工程學系 教授

⁶中興大學機械工程學系 副教授

⁷中國醫藥大學職業安全與衛生系 助理教授

⁸臺灣科技大學機械工程系 助理教授

*通訊作者, Tel: 07-7351275, E-mail: lcwang@csu.edu.tw

摘要

生質丁醇之生產技術開發，為世界上先進國家生質能源推展之重點項目。丁醇被認定為較乙醇更佳之運輸工具使用燃料，因為與乙醇比較，丁醇具有下列優點：高熱值、低蒸汽壓、與柴油互溶性佳，其特性更接近於柴油，易於用在現有汽柴油供應通路中[1, 2]。在實用上，丁醇可以高比例混入柴油中，且不需改裝車輛機件設備，可提高汽柴油引擎之燃料效益，減低溫室效應氣體之排放，深具能源、環保及經濟效益。然而生質丁醇發酵生產過程中亦伴隨著大量水分產生，其純化及除水程序需耗費大量金錢及能源。因此，本研究將模擬由 acetone-butanol-ethanol fermentation (ABE發酵)之產物並經簡單蒸餾純化後所得之含水丁醇混入柴油中作為混合燃料[3, 4]。本研究使用柴油/丁醇/水比例90/9.75/0.25 (WBT10)及80/19.5/0.5 (WBT20) 做為測試油品，利用一重型柴油引擎進行四項穩態測試(怠速、25 %,1650 rpm、25 %,1950 rpm及100 %,1650 rpm)，探討柴油引擎在不同油品所排放廢氣中持久性有機毒性污染物之廢氣排放特性，包含polycyclic aromatic hydrocarbons(PAHs)、polychlorinated dibenzodioxins/furans(PCDD/Fs)、Polychlorinated Biphenyls(PCBs)、polybrominated dibenzodioxins/furans(PBDD/Fs)、polybrominated biphenyls(PBBs)及Polybrominated Diphenyl Ethers(PBDEs)。採樣時分別以石英濾紙與填充XAD2與polyurethane foam (PUF)之套筒進行固相與氣相樣品採集，於各穩態條件下採樣20分鐘，再將樣品經由萃取、濃縮及淨化前處理後，以GC/MS分析PAHs，並以HRGC/HRMS分析PCDD/Fs、PCB、PBDD/Fs、PBBs及PBDEs。

結果顯示使用B2、WBT10及WBT20油品之管道廢氣中PAHs濃度分別為9.98、4.23及3.33 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，其毒性當量分別為0.0450、0.00612及0.00597 $\mu\text{g I-TEQ}/\text{Nm}^3$ ，使用B2及WBT20油品之管道廢氣中PCDD/Fs濃度分別為40.0及14.5 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，其毒性當量分別為2.53及0.532 $\text{pg I-TEQ}/\text{Nm}^3$ ；PCB濃度分別為9.36及3.07 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，其毒性當量分別為0.0339及0.000325 $\text{pg WHO-TEQ}/\text{Nm}^3$ 。使用B2、WBT10及WBT20油品之管道廢氣中PBDD/Fs濃度分別為226、91.2及38.2 pg/Nm^3 ，其毒性當量分別為0.647、0.322及0.178 $\text{pg I-TEQ}/\text{Nm}^3$ ，在PBBs方面濃度分別為235、35.3及45.4 pg/Nm^3 ，至於PBDEs濃度則分別為97.5、21.0及16.1 ng/Nm^3 柴油引擎排放之五種類戴奧辛化合物(PCDD/Fs、PCB、PBDD/Fs、PBBs及PBDEs)，皆是以含溴取代之有機毒性污染物較高，其中又以PBDEs含量最高，在總質量濃度PBDD/Fs較PCDD/Fs及PCBs高出數倍，然而在於毒性當量方面，PCDD/Fs及PCBs則較PBDD/Fs高。使用含水丁醇混合柴油可有效降低柴油引擎之持久性有機污染排放，相較於B2，使用WBT10對於 PAHs、

PBDD/Fs、PBBs及PBDEs之質量濃度削減率分別為57.6%、59.6%、85.0%及78.5%，而使用WBT20對於PAHs、PCDD/Fs、PCB、PBDD/Fs、PBBs及PBDEs可減量66.6%、63.8%、67.2%、83.1%及80.7%，推估其原因為含水丁醇混合柴油中所含持久性有機污染物之前驅物質，芳香烴化合物，較B2大幅減少，且其產生之微爆現象可使燃燒更佳完全[5, 6]，因此可大幅降低持久性有機污染物之排放。在氣固相分佈方面，各持久性有機污染物皆以氣相為主，其所占比例可達97%以上。因此，未來對於重型柴油引擎或柴油車之有機毒性污染物控制，亦應著重於避免氣相持久性有機污染物之生成及加強氣相持久性有機污染物之去除或破壞。

關鍵字：含水丁醇混合柴油，持久性有機污染物，微爆現象，氣固相分佈

致謝

本研究承蒙環保署/國科會100年度空污防制科研合作計畫(計畫編號 NSC 100-EPA-F-009-001)經費支持，特此致謝。

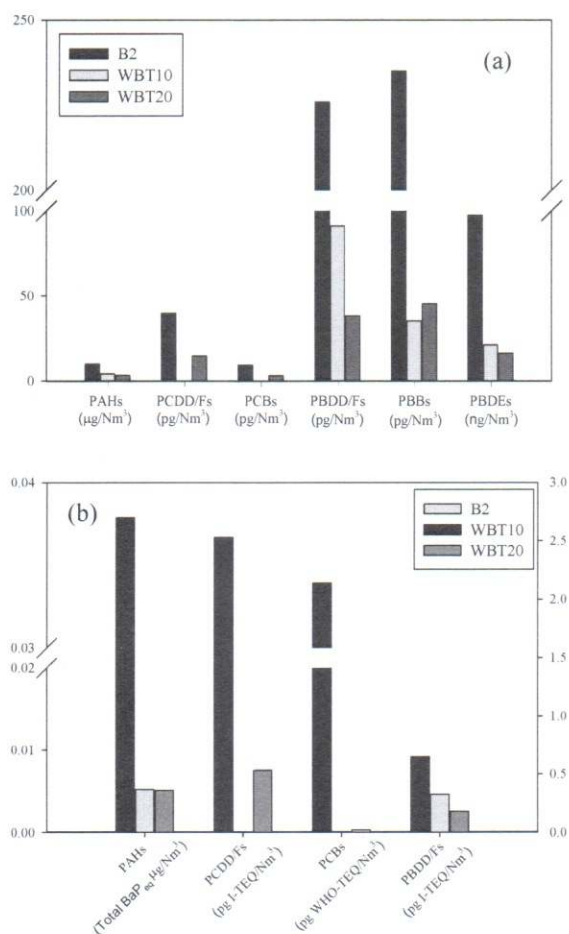


圖 1. 使用不同比例含水丁醇柴油有機毒性污染物(a) 濃度(b)毒性當量濃度

參考文獻

1. Rakopoulos, D. C.; Rakopoulos, C. D.; Hountalas, D. T.; Kakaras, E. C.; Giakoumis, E.

G.; Papagiannakis, R. G., Investigation of the performance and emissions of bus engine operating on butanol/diesel fuel blends. *Fuel* **2**, 89, 2781-2790 (2010).

2. Rakopoulos, C. D.; Dimaratos, A. M.; Giakoumis, E. G.; Rakopoulos, D. C., Study of turbocharged diesel engine operation, pollutant emissions and combustion noise radiation during starting with bio-diesel or n-butanol diesel fuel blends. *Applied Energy*, **88**, 3905-3916 (2011).

3. Tashiro, Y.; Takeda, K.; Kobayashi, G.; Sonomoto, K., High production of acetone-butanol-ethanol with high cell density culture by cell-recycling and bleeding. *Journal of Biotechnology*, **120**, 197-206 (2005).

4. Li, S.-Y.; Srivastava, R.; Suib, S. L.; Li, Y.; Parnas, R. S., Performance of batch, fed-batch, and continuous A-B-E fermentation with pH-control. *Bioresource Technology*, **102**, 4241-4250 (2011).

5. Chen, C.-C.; Lee, W.-J., Using Oily Wastewater Emulsified Fuel in Boiler: Energy Saving and Reduction of Air Pollutant Emissions. *Environmental Science & Technology*, **42**, 270-275 (2007).

6. M, A.-Z., Performance of single cylinder, direct injection Diesel engine using water fuel emulsions. *Energy Conversion and Management*, **45**, 697-705 (2004).