

出國報告（出國類別：其他-開會）

赴日本消防科學研究所參加油池火災 沸燃(**boilover**)防制研討會及實驗

服務機關：國立高雄第一科技大學

姓名職稱：蔡匡忠 教授

派赴國家：日本東京

出國期間：102年7月18日-102年7月22日

報告日期：102年8月5日

摘要

參訪日本消防研究所(National Research Institute of Fire and Disaster, NRIFD)並瞭解其現況及發展規劃，該機構之火災研究方向以「密集都市空間火災安全確保」及「化學物質之火災爆炸防止及滅火」為範疇。並且建立本校與日本消防研究所(NRIFD)之合作關係及強化交流互動，有助瞭解現今重油火災、油池火災、油槽火災研究的發展方向。

藉由此次參訪，瞭解日本消防研究所對防火材料與消防檢驗之多樣性，並有助於國內發展防火與消防之重要參考依據。

參觀日本消防研究所(NRIFD)之設施與設備及大型實驗場所，例如：圓錐量熱儀、木構材炭化率試驗設備、電線電纜實驗設備、消防衣輻射熱檢測設備、消防頭盔檢測設備，瞭解日本消防研究所對防火材料與消防檢驗之多樣性，並有助於國內發展防火與消防之重要參考依據。

油池火災沸燃(Boilover)燃燒現象及火災實驗之研習，於已架設之儀器在小尺度油盤倒入重油並燃燒觀其引燃至濺溢其中變化及燃燒結果，與日本消防研究所(NRIFD)研究員交流及座談，本人發表題目為重油燃燒試驗(Heavy Oil Fire Test)討論有關重油(Heavy Oil)燃燒情勢與燃燒逸散污染物之議題，若能更瞭解重油燃燒特性，愈能掌握火場情勢增加判定依據。

因重油為原油製程中的產物之一且為工業用途上不可或缺之燃料，其燃燒之產物對人體及環境危害甚大，故欲申請並深入研究分析此類產物；對相似領域之研究為增進國際間交流、討論擬向國科會申請台日教學及研究之國際合作計畫。

關鍵字：重油火災、沸燃

目錄

摘要

壹、目的.....1

貳、過程.....1

參、心得及建議.....3

肆、附錄

壹、目的

日本消防研究所(National Research Institute of Fire and Disaster, NRIFD)為國際知名之火災消防研究機關，位於日本東京都多摩地區東部的調布市，設立於 1948 年，為隸屬於日本總務省消防廳消防大學之消防研究中心，並設置火災災害調查部門、技術研究部門與研究企劃部門。該機構之火災研究方向以「密集都市空間火災安全確保」及「化學物質之火災爆炸防止及滅火」為範疇。

本次參訪目的為瞭解其現況及發展規劃、參觀油池火災沸燃(boilover)相關實驗，像國內六輕工業區台塑石化公司煉製二場內重油加氫脫硫製程單元區因主塔設備發生重油洩漏導致火災，消防單位搶救近 44 小時才將火勢撲滅，且根據雲林縣政府調查，火災過後各項污染物質濃度明顯增加，對人類及環境造成莫大的衝擊，使得我們必須更加重視石化儲槽區的防火安全及燃燒汙染物逸散影響。並且建立本校與日本消防研究所(NRIFD)之合作關係及強化本校與日本消防研究所(NRIFD)之交流互動，有助瞭解現今重油火災、油池火災、油槽火災研究的發展方向。

貳、參訪過程

第一天：2013/07/18(星期四)

參觀日本消防研究所(NRIFD)之設施與設備及大型實驗場所，例如：圓錐量熱儀，圓錐量熱儀式一部用來測量熱釋放率的儀器，不僅可測得熱釋放率，還可得到引燃時間(Time to ignition)、有效的燃燒熱(Effective heat of combustion)、質量損失率(Mass loss rate)、熱釋放率(Heat release rate)及煙濃度(Total smoke released)，是一部多功能的儀器。木構材炭化率試驗設

備依實驗方法取得炭化深度，並透過炭化率預估模式之公式，進行各種材種炭化的預估。電線電纜實驗設備，目前國內較少相關研究，而現在社會高度依賴電線電纜環繞在我們四周，發生火災時不具耐火、耐燃性能的電氣設備，其絕緣層將極易起火燃燒，導致喪失電力甚至引起延燒，導致更大損失，爰此我們應對於電線電纜起火特性更加瞭解，消防衣輻射熱檢測設備、消防頭盔檢測設備，檢測體上有許多點可得其所需數據……等。藉由此次參訪，瞭解日本消防研究所對防火材料與消防檢驗之多樣性，並有助於國內發展防火與消防之重要參考依據。(相關照片如附錄)

第二天：2013/07/19(星期五)

油池火災沸燃(Boilover)燃燒現象及火災實驗之研習，於已架設之儀器在小尺度油盤倒入重油並燃燒觀其引燃至濺溢其中變化及燃燒結果；下午與日本消防研究所(NRIFD)研究員交流及座談，本人發表題目為重油燃燒試驗(Heavy Oil Fire Test)討論有關重油(Heavy Oil)燃燒情勢與燃燒逸散污染物之議題，因重油燃燒已被證實對人體健康及產出之污染物對環境有害，例如國內麥寮鄉公所指出重油火災燃燒所排放污染物造成鄰近幼鴨及農作物陸續死亡，並有學者指出重油燃燒逸散污染物含有飛灰內含高毒性金屬物質(鎳、釩等)對肺泡巨噬細胞造成高毒性影響及重油燃燒污染物質中的超細微粒被認為會穿越肺部組織障壁，將毒性帶入血液循環系統，若能更瞭解重油燃燒特性，愈能掌握火場情勢增加判定依據。(相關簡報、照片如附錄)

參、心得及建議

一、與會心得

本次參訪討論議題及實驗內容可作為本校環境與安全衛生工程系強化消防工程課程；本次參訪沸燃實驗為小尺度油盤實驗，可作為往後大尺度油盤進行火災實驗及研究時重要參考依據，目前日本研究主要多為以燃燒狀態、特性作為探討方向，本人目前進行之研究有針對不同尺度油盤(直徑20cm、40cm、60cm)及燃燒生成污染物之特性做研究分析，發現以下幾點，燃燒尺度會影響重油燃燒特性及污染物生成特性，其質量損失率、熱釋放率及火焰溫度污染物濃度隨尺度增加而增加，尺度越大油盤燃燒效率較差產出一氧化碳量也增加，粒狀物排放係數隨燃燒尺度增加而增加，因重油內的二氧化硫含量固定，且小尺度採樣時間長，因此排放係數隨燃燒尺度增加而降低，火焰溫度及燃燒效率會影響多環芳香烴(PAHs)濃度及種類分佈，燃燒尺度對揮發性有機化合物(VOCs)生成濃度無明顯之趨勢，因重油含有較多苯環類化合物，因此芳香烴類化合物比例最高，重油燃燒可能造成人體與環境的危害，先前國內有幼鴨及農作物死亡的案例，未來能朝此方面做更多的研究。

此外，本次參訪同行的成員有輔英科技大學環境工程與科學系賴進興教授、職業安全衛生系陳明仁教授、鄭立新教授及國立中山大學海洋環境科技研究所葉旗福博士，藉由本次研討會及實驗促進跨校合作計畫，且擬向國科會或雲林縣政府環保局申請實驗室大尺度重油燃燒污染物逸散特性之研究，因重油為原油製程中的產物之一且為工業用途上不可或缺之燃料，其燃燒之產物對人體及環境危害甚大，故欲申請並深入研究分析此類產物；對相似領域之研究為增進國際間交流、討論擬向國科會申請台日教學及研究之國際合作計畫。

二、建議

我國學者、制度對參與國際研討會較不盛行，但防火研究之國際交流尤其重要，在各國研究經費均短缺之情況下，若集合各國研究經費、網羅人才，將能使研究規模及深度增加。我國雖有參與國際交流、合作，但規模及數量均太少，此外，我國亦可爭取主辦相關研討會，不僅增加我國防火研究曝光度，也讓國際知曉我國研究課題，增加國際合作、交流機會，將提昇我國防火、消防研究水準。

肆、附錄



沸燃(Boilover)實驗儀器設定



引燃後的照片



能夠看見滾沸的液體翻騰



產生濺溢的現象



電線電纜實驗設備



消防衣輻射熱檢測設備



NRIFD 大型實驗場



消防頭盔檢測設備

Heavy Oil Fire Test

Prepared by

Kuang-Chung Tsai, Li-Hsin Cheng, Ming-Jen Chen, Ya-Hui Yang, Jir-Ming Char, Chin-Hsing Lai, Ching-Ho Lin, and Weston Yeh

**National Kaohsiung First University of Science and Technology, Taiwan
Fooyin University, Taiwan**

July 2013 at NRIFD, Japan

1

Experimental design

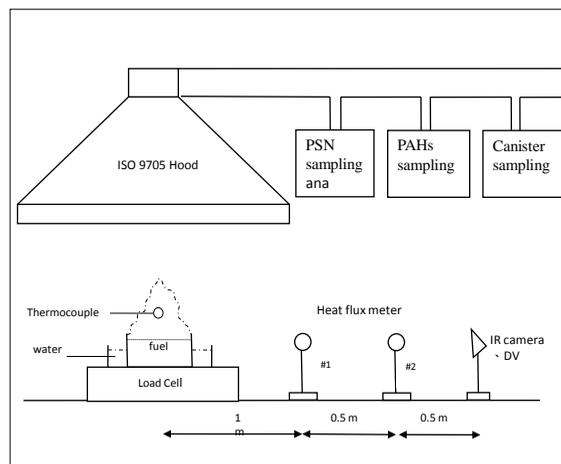
> **Fuel :**

1. Heavy oil
2. Iso-propanal: 20 ml

Poured on the top of heavy oil as an ignitor.

> **Facilities :**

1. Load cell: mass loss rate
2. ISO 9705: HRR, CO CO₂
3. Heat flux meter: radiation
4. Thermocouple: flame temperature
5. IR-camera: flame temperature



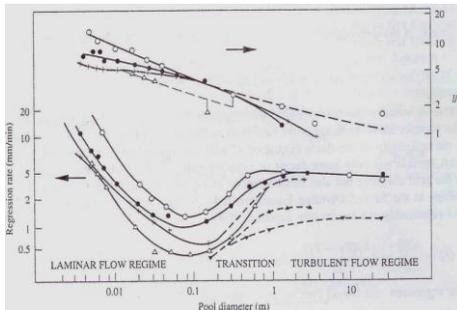
2

Laboratory

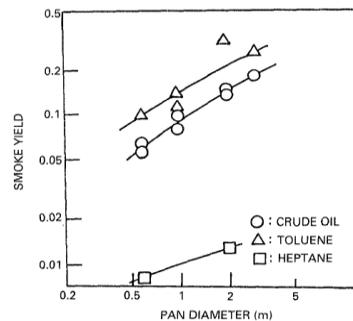


- The diameter of heavy oil pan was **20, 40 and 60 cm**, respectively. The depth of the fuel is **3 cm**.

3



Drysdale D. Introduction to Fire Dynamics, 2nd edition, Wiley publishing, p.161, 1998.



Koseki,H. The Effect of Diameter on the Burning of Crude Oil Pool Fires, Fire Technology Vol.27, p.59, 1991.

- > Drysdale showed that the burning scale affects the burning behavior, giving three regimes: <0.1 m, $0.1\sim 1.0$ m and > 1.0 m.
- > Koseki showed that the smoke production changes with scale.
- > **Mass loss rate, heat release rate, heat flux, flame height and flame temperature were measured.**

Heavy oil burning in 20cm pan



5

Heavy oil burning in 40cm pan



6

Heavy oil burning in 60cm pan

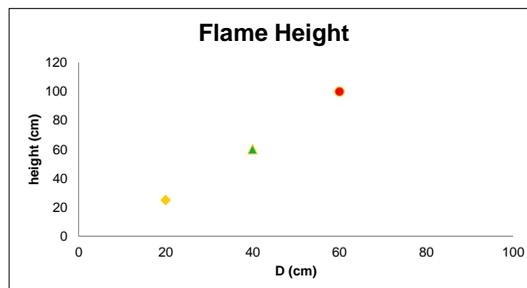


7

Flame height

■ Flame height :

- D-20 , 25 cm
- D-40 , 60 cm
- D-60 , 100 cm



- Flame height increased with scale due to higher HRR and diameter (D).

$$L_f = 0.23\dot{Q}_c^{\frac{2}{5}} - 1.02D$$

8

Mass loss rate

- Ignition time

D-20 : 100 s

D-40 : 80 s

D-60 : 60 s

- Steady combustion time

D-20 : 400~2000 s

D-40 : 500~1200 s

D-60 : 200~800 s

- Average mass loss rate

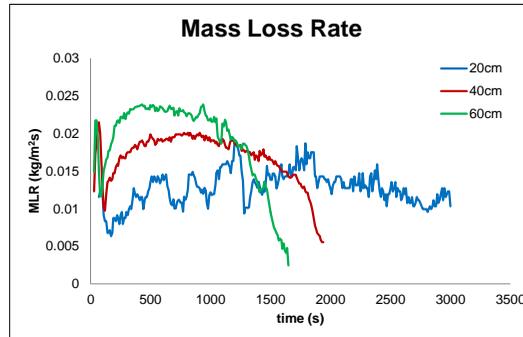
D-20 , MLR=0.012 kg/m²s

D-40 , MLR=0.017 kg/m²s

D-60 , MLR=0.023 kg/m²s

- MLR : D=60 > D=40 > D=20

- The mass loss rate increased with scale due to more radiation feedback.



9

Heat release rate

- Average heat release rate :

D-20 , HRR=280 kW

D-40 , HRR=360 kW

D-60 , HRR=506 kW

- Combustion efficiency

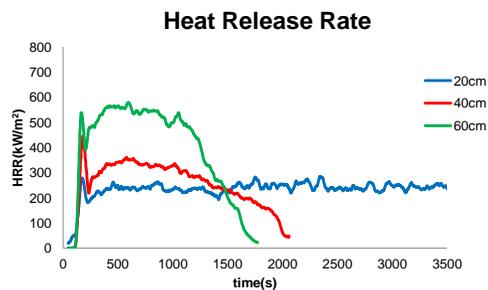
$$\text{HRR} = \chi \cdot \dot{m}'' \cdot A \cdot \Delta H_c$$

Heat of combustion

$$\Delta H_c = 42.5 \text{ (MJ/kg)}$$

- The values of χ for 20 cm-, 40 cm- and 60 cm-diameter heavy oil were 0.55, 0.5 and 0.48, respectively.

χ decreased with scale due to more difficult mixing of oxygen and fuel volatiles.



10

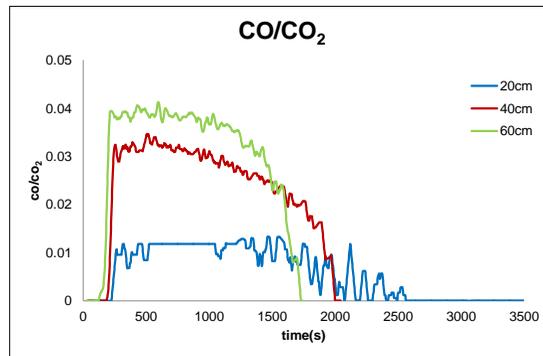
CO/CO₂

■ CO/CO₂ :

D-20 , CO/CO₂=0.011

D-40 , CO/CO₂=0.031

D-60 , CO/CO₂=0.038



CO/CO₂ increased with scale due to more difficult mixing of oxygen and fuel volatiles.

11

Radiation heat flux

■ Radiation heat flux:

D-20-1m , 0.25 kW/m²

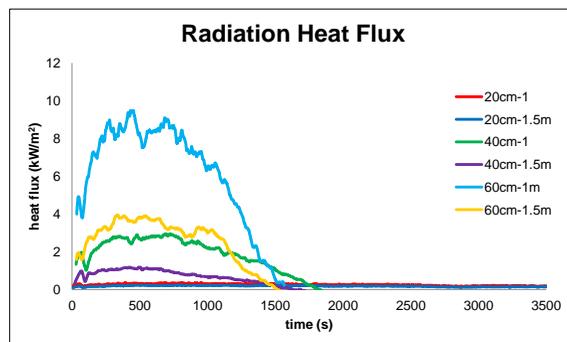
-1.5m , 0.17 kW/m²

D-40-1m , 2.4 kW/m²

-1.5m , 0.9 kW/m²

D-60-1m , 8.4 kW/m²

-1.5m , 3.5 kW/m²

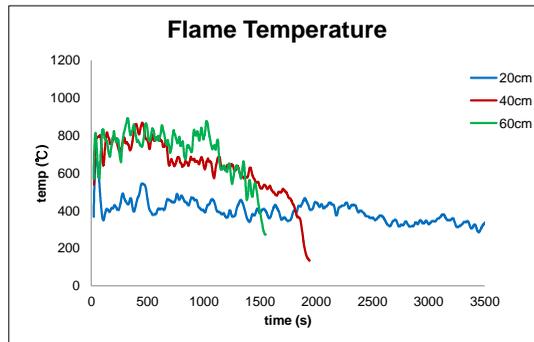


■ High radiation heat flux performed for fires with larger HRR and shorter distance between the fire and measuring points.

12

Flame Temperature

- D-20 , 380°C ~420 °C
- D-40 , 650 °C ~700°C
- D-60 , 750 °C ~800°C



- The fluid behavior of the 20 cm-diameter fire is on the transition from laminar to turbulent, while that of the 40 cm- and 60 cm -diameter fires were turbulent.
- The information of flame temperature is a key factor for analyzing the production of pollutants.

13

All the combustion information is important for analyzing the production of pollutants.



14